

## 9<sup>e</sup> Internationale Chemieolympiade, Bratislava 1977, Tsjecho-Slowakije

### Theorie

#### Opgave 1

Vergelijk drie zouten met samenstelling  $M_2S_2O_x$  waarin x drie verschillende kleine gehele getallen kan zijn en M is een alkalimetaal. Op elk van de drie zouten zijn enkele van de volgende beweringen van toepassing.

- De O–O-binding is karakteristiek voor het anion.
- De S–S-binding is karakteristiek voor het anion.
- De S–O–S-binding is karakteristiek voor het anion.
- Het wordt gevormd door thermische ontleding van waterstofsulfaat.
- Het wordt gevormd door anodische oxidatie van waterstofsulfaat.
- Het wordt gevormd door reactie van een waterige oplossing van sulfiet met zwavel.
- Zijn oplossing in water lost zilverbromide op.
- Neutralisatie van zijn oplossing in water met hydroxide MOH levert het sulfaat  $M_2SO_4$ .
- In waterige oplossing kan het Mn(II)zout tot permanganaat oxideren.

#### Vragen

- Vul in de tabel de juiste waarden van x in en geef in elk vakje de letter van die bewering die van toepassing is op elk van de gegeven zouten.

$M_2S_2O$					
$M_2S_2O$					
$M_2S_2O$					

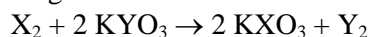
- Geef de structuurformules van de anionen van de drie zouten hierboven en geef daarin de  $\sigma$ - en  $\pi$ -bindingen aan.
- Geef de reactievergelijkingen van de reacties die horen bij de beweringen onder de letters d, e, f, g, h en i.

#### Opgave 2a

Opgelet!

Wees erop bedacht alleen de juiste envelop te openen. Je verliest punten voor een onterecht geopende envelop. Geef een ongeopende envelop terug samen met je oplossing.

Halogeen X reageert met een oplossing in water van een andere halogeenverbinding  $KYO_3$  volgens:



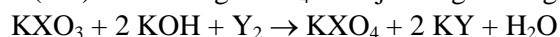
- Het atoomnummer van halogeen X is hoger dan dat van halogeen Y (open envelop 1. als je dit antwoord juist vindt).
- Het atoomnummer van halogeen X is lager dan dat van halogeen Y (open envelop 2. als je dit antwoord juist vindt).

Kies het juiste antwoord 1 of 2, open de juiste envelop en ga verder met de opdracht volgens de tekst in de geopende envelop.

Tekst in envelop 1.

Je antwoord is juist. Ga verder.

Verbinding  $KXO_3$  wordt in alkalische oplossing geoxideerd door halogeen Y en vormt dan een X(VII)-verbinding  $KXO_4$  terwijl halogeen Y gereduceerd wordt tot halogenide KY:



Een oplossing in water van kaliumhalogenide KY geeft met  $AgNO_3$ -oplossing een wit neerslag  $AgY$  dat onoplosbaar is in water, maar gemakkelijk oplosbaar in ammonia.

- Halogeen Y is fluor (envelop 3).
- Halogeen Y is chloor (envelop 4).
- Halogeen Y is broom (envelop 5).

Kies het juiste antwoord 3, 4 of 5, open de bijbehorende envelop en ga verder volgens de instructies erin.

Tekst in envelop 2.

Je antwoord is onjuist. Open envelop 1.

Tekst in envelop 3.

Je antwoord is onjuist. Kies antwoord 4 of 5.

Tekst in envelop 4.

Je antwoord is juist. Kies het juiste eindantwoord door het juiste alternatief 6 of 7 aan te geven:

6. X = Br;  $KXO_4 = KBrO_4$

7. X = I;  $KXO_4 = KIO_4$

Tekst in envelop 5

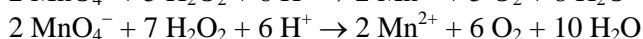
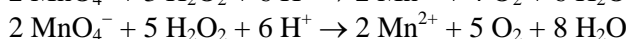
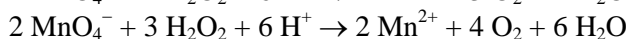
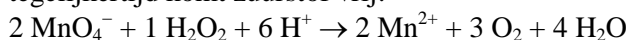
Je antwoord is onjuist. Kies antwoord 3 of 4.

De juiste antwoorden zijn 1, 4, 7.

Opmerking: de Internationale Jury heeft opdracht 2b gekozen en niet 2a.

### Opgave 2b

Reactie van permanganaat met waterstofperoxide in zure oplossing geeft mangaan(II)zout en tegelijkertijd komt zuurstof vrij:



### Vragen

- De juiste reactantverhouding (in bovenstaande vergelijkingen) wordt gegeven door:
  - alle vergelijkingen
  - slechts enkele vergelijkingen
  - slechts een vergelijking
  - geen

Kruis het juiste vakje aan en licht je keuze toe
- Welke reactant is een oxiderend agens en welke een reducerend/
- Hoeveel g kaliumpermanganaat is nodig om 112 cm<sup>3</sup> zuurstof bij STP vrij te maken uit een overmaat peroxide in zuur milieu?



### Opgave 3

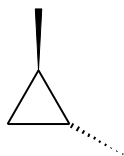
De letters **A**, **B**, **C**, **D** en **E** stellen isomere cyclobutaandicarbonzuren voor, een ervan is een racemische vorm.

Het is aangetoond dat:

- alleen verbinding **C** gemakkelijk een cyclisch anhydride vormt.
- bij hogere temperatuur **B** pas een cyclisch anhydride geeft
- van alle onderzochte zuren alleen **A** bij verhitten koolstofdioxide afgeeft
- D** en **E** niet veranderen bij hogere temperatuur
- 2 mol van de diethylester van malonzuur reageert met natriumethoxide (EtONa) toteen natriumzout dat bij reactie met dijoodmethaan (CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>) een tetraester oplevert C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O<sub>8</sub>. Deze nieuwe ester geeft een tetraester C<sub>16</sub>H<sub>24</sub>O<sub>8</sub> in een reactie met 2 mol natriumethoxide en 1 mol dijoodmethaan. De laatste tetraester wordt door alkalische hydrolyse en daarna aanzuren omgezet in een tetracarbonzuur. Dit tetracarbonzuur geeft bij verhitten een mengsel van **B** en **E**.

### Vragen

- Geef de structuurformules van **A**, **B**, **C**, **D** en **E**. Geef de groep boven het vlak van de ring met  en die onder het vlak met  aan. Bijvoorbeeld



- Geef de reactievergelijkingen van de reacties a), b) en c).

#### Opgave 4a

Verbindingen **A** en **B** met dezelfde molecuulformule  $C_7H_{14}O_6$ , maar verschillende fysische eigenschappen (bv. smeltpunt, specifieke optische rotatie), behoren tot de groep sachariden met een heterocyclische zesring. Bij toevoegen van een 1 % zwavelzuuroplossing aan achtereenvolgens verbinding **A** en **B** verkrijgt men bij koken dezelfde verbinding **C** met 40,0 % C en 6,71 % H. Na reductie (bijv. katalytisch met waterstof of met het hydride  $NaBH_4$ ) van **C** wordt een kristallijn product **D** geïsoleerd. **D** reduceert Fehlings reagens niet en vertoont geen optische activiteit.

**C** geeft bij oxidatie met een mild oxiderend agens (bijv. koude natriumhypobromietoplossing) een zout van een polyhydroxy monocarbonsuur met een D-configuratie.

Vragen

1. Geef structuurformules van de verbindingen **A**, **B**, **C** en **D**.
2. Leg uit of deze opdracht meer dan een oplossing kent.

Opmerking: De internationale jury koos niet opdracht 4a, maar de alternatieve opdracht 4b.

#### Opgave 4b

11,6 g van een optisch actieve ester met molecuulformule  $C_6H_{12}O_2$  hydrolyseert door verhitting met overmaat natronloog. Na afloop van de hydrolyse wordt het alkalische reactiemengsel verscheidene keren met ether geëxtraheerd. De waterige oplossing is niet optisch actief. Men droogt de verzamelde etherextracten met watervrij magnesiumsulfaat. De etheroplossing wordt gefiltreerd, de ether afgedestilleerd en het residu wordt opnieuw gedestilleerd. Men verkrijgt 7,4 g (100 %) van een vloeistof, die kookt bij  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .

Vragen

1. Geef de structuurformule van de ester.
2. Welke structuurformule zou een ester met dezelfde molecuulformule  $C_6H_{12}O_2$  hebben als de waterige oplossing na alkalische hydrolyse op bovenbeschreven manier optisch actief zou zijn?
3. Geef de reactievergelijkingen van de alkalische hydrolyse van beide esters met natronloog.

#### Opgave 5

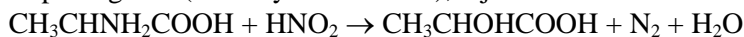
Twee koper(I)zouten van de organische zuren HA en HB, slecht oplosbaar in water, geven een verzadigde oplossing in een buffer met gegeven pH.

Vraag

1. Druk de concentratie van het  $Cu^+$ -kation in oplossing uit in de oplosbaarheidsproducten  $K_s(CuA)$  en  $K_s(CuB)$  en de ionisatieconstanten van de zuren  $K_z(HA)$  en  $K_z(HB)$ .

#### Opgave 6

Aminozuren kun je bepalen door meting van het volume stikstof dat vrijkomt in de reactie met salpeterigzuur (Van Slykes methode), bijvoorbeeld:



Een andere methode gebruikt de reactie van aminozuren met een volumetrische oplossing van perchloorzuur, bijvoorbeeld:



De overmaat perchloorzuur wordt dan bepaald door titratie met een volumetrische oplossing van natriumacetaat (uitgevoerd in niet-waterig milieu).

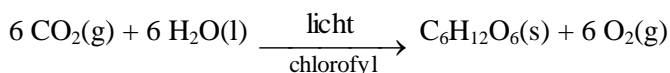
Aan een monster glycine in ijszijn wordt  $50,0\text{ cm}^3$   $0,100\text{ M}$  perchloorzuuroplossing toegevoegd. Na reactie wordt de overmaat perchloorzuur bepaald door titratie met  $16,0\text{ cm}^3$   $0,150\text{ M}$  natriumacetaatoplossing.

Vraag

1. Hoeveel L stikstof zou vrijkomen bij een druk van  $102658\text{ Pa}$  en een temperatuur van  $20\text{ }^\circ\text{C}$  als dezelfde hoeveelheid monster d.m.v. de Van Slyke's methode geanalyseerd zou worden?

#### Opgave 7

De totaalvergelijking van de fotosynthese is:



$\Delta H = 2,816 \cdot 10^6 \text{ J}$ ;  $\Delta S = -182 \text{ J K}^{-1}$  (25 °C) of  $\Delta H = 2,816 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$ ;  $\Delta S = -182 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  als  $\Delta H$  en  $\Delta S$  op een mol reactieverandering slaat.

Veronderstel dat er elektrodes ontworpen zijn die het mogelijk maken in een galvanische cel zuurstof selectief te reduceren tot water en glucose te oxideren tot koolstofdioxide, d.w.z. een proces omgekeerd aan dat van de fotosynthese.

Vragen

- Hoe groot is de elektromotorische kracht (E.M.K.) van de cel waarin lichtenergie omgezet zou worden in elektrische energie door een fotosynthetische reactie?  
Opmerking: In de envelop tref je de betrekking aan tussen de vrije enthalpieverandering van de reactie en de E.M.K. (Let op! Het openen van de envelop levert enkele strafpunten op)
- In geval we het symbool 'licht' willen kwantificeren in de vergelijking van de fotosynthese, vragen we ons af: hoeveel mol fotonen met golflengte van bijv. 500 nm neemt deel aan bovenstaande reactie? Bereken.
- Wat zou het elektrisch vermogen zijn van een vierkant zwembad met zijde 10 m, dat groene algen (in staat tot fotosynthese) bevat, als onder gemiddelde verlichting een stroom van 1 mA verkregen wordt per  $\text{cm}^2$  oppervlak?

### Opgave 8a

In het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw maakte een chemicus bij gebrek aan andere methodes gebruik van de volgende bepaling van de molaire massa van een nieuw element: hij synthetiseerde vier verbindingen **A**, **B**, **C** en **D** met het element **X** en bepaalde de samenstelling in massa-% in elke verbinding. Bij 250 °C zijn alle vier verbindingen gasvormig en worden ze elk afzonderlijk overgebracht in een vooraf vacuüm gemaakt vat tot een druk van  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  waarna het vat wordt gewogen. Na aftrekken van het gewicht van het lege vat, is het gewicht van het gas in het vat bekend. Deze werkwijze wordt herhaald met stikstof. Zo verkrijgt hij de volgende resultaten.

gas	totale gasmassa (in g)	gehalte element <b>X</b> in het gas (massa-%)
$\text{N}_2$	0,652	–
<b>A</b>	0,849	97,3
<b>B</b>	2,398	68,9
<b>C</b>	4,851	85,1
<b>D</b>	3,583	92,2

Vraag

- Bereken de waarschijnlijke molaire massa van element **X**.  
Opm. De internationale jury koos voor Opgave 8b i.p.v. 8a.

### Opgave 8b

Een verslechtering van het milieu blijkt naast andere factoren ook uit vervuiling met koolstofmonoxide. De belangrijkste bron daarvan zijn verbrandingsmotoren. Giftigheid van koolstofmonoxide wordt veroorzaakt door het feit dat het met de bloedkleurstof hemoglobine carbonylhemoglobine vormt ( $\text{HbCO}$ ):  $\text{Hb} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{HbCO}$

De chemische binding in carbonylhemoglobine is ongeveer  $200 \times$  zo sterk als die in oxyhemoglobine ( $\text{HbO}_2$ ) dat onder normale omstandigheden ontstaat. Bijgevolg kan hemoglobine niet meer gebruikt worden voor zuurstofoverdracht. Een tekort aan zuurstof begint op te treden vanaf 50 ppm koolstofmonoxide in de lucht, hetgeen overeenkomt met 10 % carbonylhemoglobine in het bloed.

Onder normale omstandigheden lost in de longen luchtzuurstof in het bloed op en de concentratie ervan wordt door te ademen op  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$  gehouden. De concentratie hemoglobine in het bloed van de longhaarvaatjes is ook constant  $8 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ .

Vragen

- Bereken de snelheid waarmee oxyhemoglobine gevormd wordt, als de snelheidsconstante  $k = 2,1 \cdot 10^6 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  (bij 37 °C, normale lichaamstemperatuur).

2. Soms (bij koolstofmonoxidevergiftiging) is een toename in de vormingssnelheid tot  $1,1 \cdot 10^{-4} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  nodig.
- Bereken de vereiste zuurstofconcentratie, onder aanname dat de hemoglobineconcentratie in het bloed constant is.
  - Doe een praktische oplossing aan de hand onder aanname dat de zuurstofconcentratie in het bloed evenredig is met de druk van zuurstof bij binnenkomst in de longen.



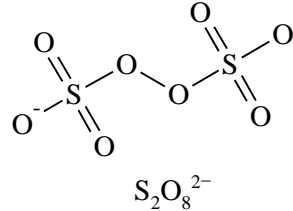
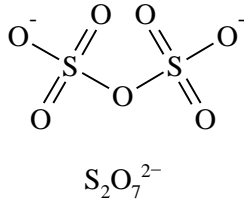
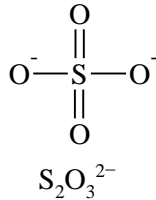
## Uitwerkingen theorie

### Opgave 1

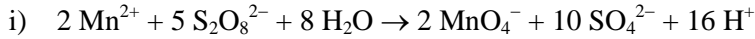
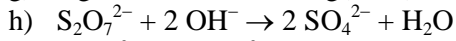
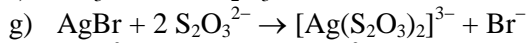
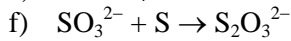
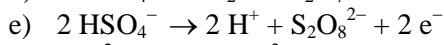
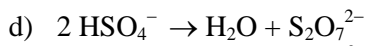
1.

$M_2S_2O_3$	b	f	g
$M_2S_2O_7$	c	d	h
$M_2S_2O_8$	a	e	i

2.



3.



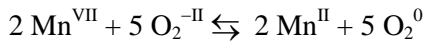
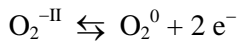
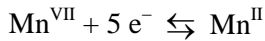
### Opgave 2a

voor antwoord zie opgavenset

### Opgave 2b

1. Juist is c.

Uitleg op basis van elektronenbalans:



2. Oxidator:  $MnO_4^-$ , of  $Mn^{VII}$

Reductor:  $H_2O_2$ , of  $O_2^{-II}$  ( $O^{-I}$ )

3.  $V(O_2) = 112 \text{ cm}^3$

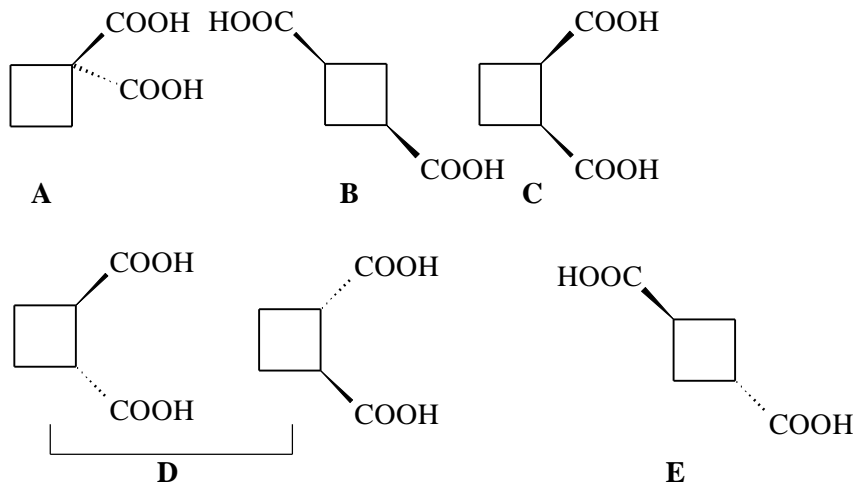
$$n(O_2) = \frac{0,112 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 0,005 \text{ mol}$$

$$n(KMnO_4) = 0,005 \text{ mol} \times 2/5 = 0,002 \text{ mol}$$

$$m(KMnO_4) = 0,316 \text{ g}$$

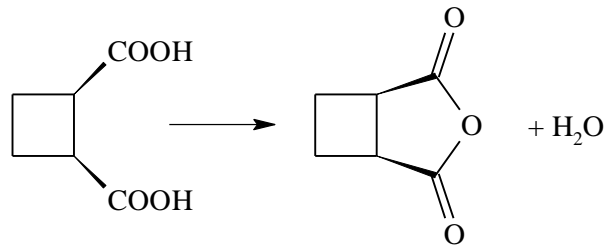
### Opgave 3

1.

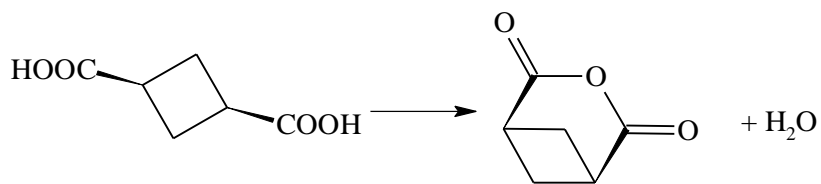


2.

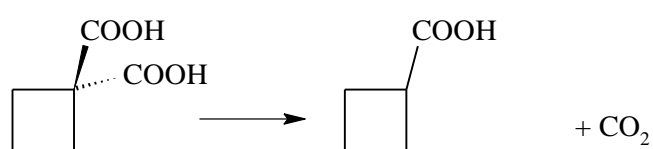
a)



b)

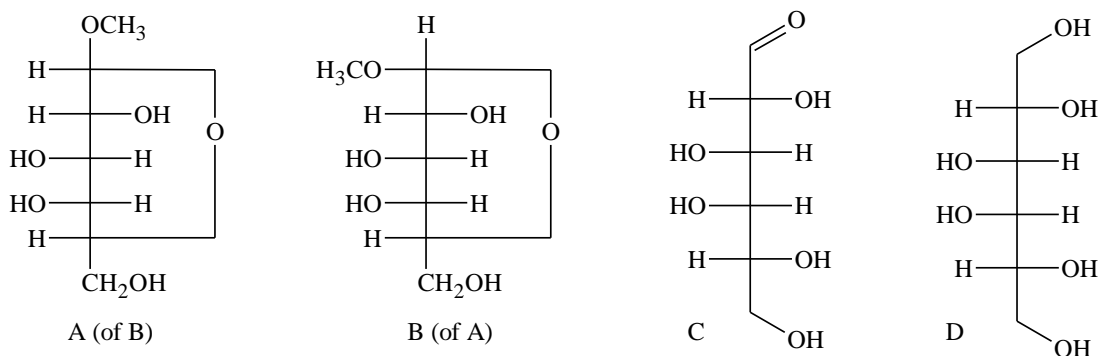


c)



### Opgave 4a

1.

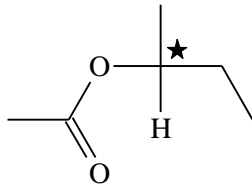


2. Een tweede analoge oplossing geldt voor de D-allosereeks.  
Opm. De Internationale Jury heeft opdracht 4b gekozen, niet 4a.

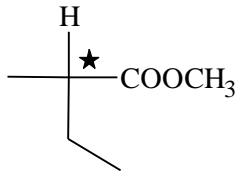


### Opgave 4b

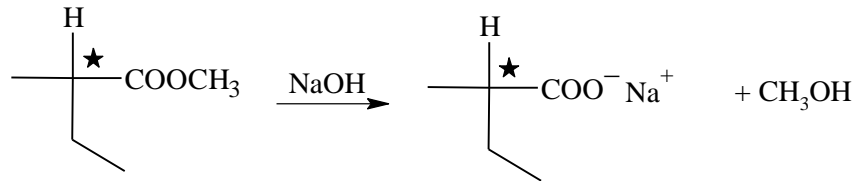
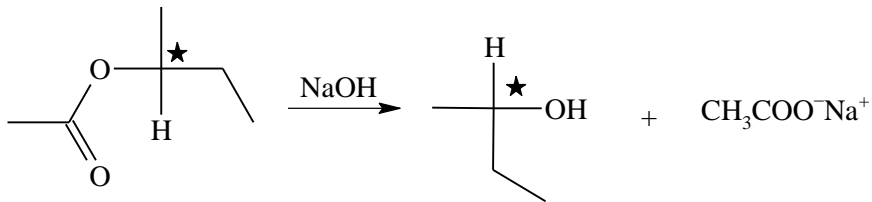
1.



2.



3.



### Opgave 5

1. Vergelijkingen voor de totaalhoeveelheden van A, B en Cu zijn:

$$a = n(\text{A}^-) + n(\text{HA}) + n(\text{CuA})$$

$$b = n(\text{B}^-) + n(\text{HB}) + n(\text{CuB})$$

$$m = n(\text{Cu}^+) + n(\text{CuA}) + n(\text{CuB})$$

De hoeveelheden neerslag worden uit de vergelijkingen geëlimineerd:

$$a + b - m = n(\text{A}^-) + n(\text{HA}) + n(\text{B}^-) + n(\text{HB}) - n(\text{Cu}^+) = 0$$

omdat bij de vorming van een systeem van beide vaste zouten het totale aantal deeltjes A en B gelijk moet zijn aan het totaal aantal kationen Cu<sup>+</sup>, d.w.z. aan de waarde van m. Als de hoeveelheden worden gedeeld door het volume van de oplossing, verkrijgt je concentraties:

$$[\text{A}^-] + [\text{HA}] + [\text{B}^-] + [\text{HB}] = [\text{Cu}^+] \quad (\text{a})$$

$$K_s(\text{CuA}) = [\text{Cu}^+][\text{A}^-] \Rightarrow [\text{A}^-] = \frac{K_s(\text{CuA})}{[\text{Cu}^+]} \quad (\text{b})$$

$$K_s(\text{CuB}) = [\text{Cu}^+][\text{B}^-] \Rightarrow [\text{B}^-] = \frac{K_s(\text{CuB})}{[\text{Cu}^+]} \quad (\text{c})$$

$$K_z(\text{HA}) = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow [\text{HA}] = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{K_z(\text{HA})} \quad (\text{d})$$

$$K_z(\text{HB}) = \frac{[\text{H}^+][\text{B}^-]}{[\text{HB}]} \Rightarrow [\text{HB}] = \frac{[\text{H}^+][\text{B}^-]}{K_z(\text{HB})} \quad (\text{e})$$

Door substitutie van (d) en (e) in (a):

$$[\text{Cu}^+] = [\text{A}^-] \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HA})} \right) + [\text{B}^-] \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HB})} \right) \quad (\text{f})$$

Door substitutie van (b) en (c) in (f):

$$[\text{Cu}^+] = \frac{K_s(\text{CuA})}{[\text{Cu}^+]} \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HA})} \right) + \frac{K_s(\text{CuB})}{[\text{Cu}^+]} \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HB})} \right) \quad (\text{g})$$

$$[\text{Cu}^+] = \sqrt{K_s(\text{CuA}) \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HA})} \right) + K_s(\text{CuB}) \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_z(\text{HB})} \right)}$$

### Opgave 6

$$n(\text{HClO}_4) = V \cdot c = 0,05 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 0,005 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaAc}) = V \cdot c = 0,016 \text{ dm}^3 \cdot 0,15 \text{ mol dm}^{-3} = 0,0024 \text{ mol}$$

verbruikt bij reactie:

$$n(\text{HClO}_4) = 0,005 - 0,0024 = 0,0026 \text{ mol}$$

$$V(0,1 \text{ M HClO}_4) = 0,0026 \text{ dm}^3$$

Omdat:

$$n(\text{HClO}_4) - n(\text{glycine}) - n(\text{N}_2) = 0,026 \text{ mol geldt:}$$

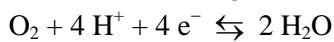
$$V(\text{N}_2) = \frac{nRT}{p} = \frac{0,026 \times 8,314 \times 293,1}{102,658} = 0,617 \text{ dm}^3$$

### Opgave 7

1. Voor de reactie die in de cel plaatsvindt, geldt:  $\Delta G = -2,87 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$

De betrekking tussen de bronspanning en de vrije enthalpieverandering van een reactie in een cel is:

$-\Delta G = n \cdot F \cdot E$  waarin  $n$  is het ladingsgetal. In ons geval heeft  $n$  de waarde 24 omdat een molecuul zuurstof gereduceerd wordt volgens:



$$E = \frac{-(-2,87 \cdot 10^6) \text{ V C mol}^{-1}}{24 \times 96487 \text{ C mol}^{-1}} = 1,24 \text{ V}$$

2. De energie van de geabsorbeerde fotonen is de enige energiebron van de fotosynthese, daarom is het aantal geabsorbeerde fotonen  $x$  vermenigvuldigd met hun energie gelijk aan de energietoename van het systeem, d.w.z.  $2,87 \cdot 10^6 \text{ J}$

$$x \cdot h \nu \cdot N_A = x \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \cdot N_A = 2,87 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$x = \frac{2,87 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \lambda}{h \cdot c \cdot N_A} = \frac{2,87 \cdot 10^6 \times 500 \cdot 10^{-9}}{6,6256 \cdot 10^{-34} \times 2,9979 \cdot 10^8 \times 6,022 \cdot 10^{23}} = 11,99 \approx 12 \text{ mol fotonen.}$$

3. Het oppervlak van het zwembad is  $100 \text{ m}^2$ . Stroomdichtheid bij een spanning van  $1,24 \text{ V}$  is gelijk aan  $1 \text{ mA} \cdot 10^4 \text{ m}^{-2} = 10 \text{ A m}^{-2}$ .

Het totale elektrische vermogen is:

$$1,24 \text{ V} \times 10 \text{ A m}^{-2} \times 100 \text{ m}^2 = 1,24 \text{ kW}$$

### Opgave 8a

$$n(\text{N}_2) = \frac{0,652 \text{ g}}{28 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0233 \text{ mol}$$

Bij een temperatuur van  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  gedragen alle stoffen **A**, **B**, **C** en **D** zich als ideale gassen en volgens de wet van Avogadro.

$$n(\text{N}_2) = n(\text{A}) = n(\text{B}) = n(\text{C}) = n(\text{D})$$

$$M(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} \text{ etc. ....}$$

De massa van element X in een mol **A**, **B**, **C** of **D**:

$$\text{A: } M(\text{A}) \times 0,973 = 35,45 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\mathbf{B:} \quad M(\mathbf{B}) \times 0,689 = 70,91 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\mathbf{C:} \quad M(\mathbf{C}) \times 0,851 = 177,17 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\mathbf{D:} \quad M(\mathbf{D}) \times 0,922 = 141,78 \text{ g mol}^{-1}$$

Omdat in een molecuul van een verbinding minimaal 1 atoom X aanwezig is, berekenen we de grootste gemene deler van de verkregen molaire massa. In ons geval is dat  $35,44 \text{ g mol}^{-1}$ . Dit kan beschouwd worden als een mogelijke molaire massa van element X. Het is alleen maar de meest waarschijnlijke waarde omdat een fractie verkregen door deze massa door een heel getal te delen, niet uitgesloten kan worden.

Opm. De Internationale Jury heeft opdracht 8b gekozen, niet 8a.

### Opgave 8b

$$1. \quad v = k \cdot [\text{Hb}] \cdot [\text{O}_2] \quad k = 2,1 \cdot 10^6 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}; [\text{Hb}] = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}; [\text{O}_2] = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$v = 2,688 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Omdat 1 mol zuurstof ( $\text{O}_2$ ) benodigd is om een mol oxyhemoglobine te vormen, is de vormingssnelheid van oxyhemoglobine hetzelfde als de snelheid van zuurstofverbruik.

$$2. \quad [\text{O}_2] = \frac{v}{k \cdot [\text{Hb}]} \quad v = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}; k = 2,1 \cdot 10^6 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}; [\text{Hb}] = 8 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{mol dm}^{-3};$$

$$[\text{O}_2] = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

De zuurstofconcentratie moet vergroot worden tot  $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ . De zuurstofconcentratie kan door verhoging van de luchtdruk maar gedeeltelijk toenemen. De viervoudige toename van de zuurstofconcentratie vereist een viervoudige toename van de luchtdruk. Deze druk zou levende organismen schade berokkenen, daarom wordt met zuurstof verrijkte lucht ingeademd.

## Practicum

### Opgave 9

Door visueel vergelijkende colorimetrie (op het oog schatten van kleurintensiteit) kun je de concentratieverandering van een van de reactanten volgen. Zet met behulp van experimenteel verkregen gegevens de verandering van de reactantconcentratie uit tegen de tijd.

#### Werkwijze

1. Maak een vergelijkende kleurschaal voor een broomoplossing.

Breng met een injectiespuit in 10 gelijke reageerbuisen de volgende hoeveelheden 0,01 M broomwater:

in de eerste – 10 cm<sup>3</sup>; 2<sup>e</sup> – 9,0 cm<sup>3</sup>; 3<sup>e</sup> – 8,0 cm<sup>3</sup>; .....; 9<sup>e</sup> – 2,0 cm<sup>3</sup>; in de 10<sup>e</sup> – 1,0 cm<sup>3</sup>. Voeg dan aan alle reageerbuisen behalve de 1<sup>e</sup> gedestilleerd water toe tot een totaalvolume van 10,0 cm<sup>3</sup>.

Doe stopjes op de buizen en meng de oplossingen. Zet de reageerbuisen in een standaard tegen een witte achtergrond. Bereken de broomconcentraties in mol L<sup>-1</sup> in alle reageerbuisen.

2. Voer de reactie uit door mengen van 100,0 cm<sup>3</sup> broomoplossing met 1,0 cm<sup>3</sup> 1,00 M methaanzuuroplossing. Breng onmiddellijk na mengen 10,0 cm<sup>3</sup> over in een zelfde reageerbuis als die van de kleurschaal. Door vergelijken van de kleurintensiteit van het reactiemengsel (met interval van 1 min) met die van de oplossingen in de ijkreeks, onderzoek je de verandering van de broomconcentratie tegen de tijd.

Zet de gegevens in een tabel (tijd *t* tegen concentratie [Br<sub>2</sub>]).

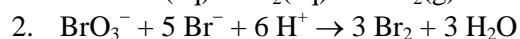
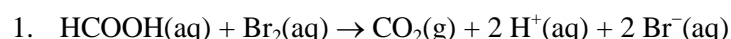
#### Opdracht

Zet de broomconcentratie uit tegen de tijd en lees de halveringstijd van de reactie af uit het diagram.

#### Vragen

1. Geef de reactievergelijking van broom met methaanzuur. Neem aan dat de reactanten in stoichiometrische hoeveelheden aanwezig zijn.
2. In de analytische chemie kan een volumetrische oplossing van broom bereid worden door een mengsel van bromide en bromaat in zuur milieu op te lossen. Leg deze bereidingsmethode aan de hand van een reactievergelijking uit.

#### uitwerking vragen



### Opgave 10

Door middel van een thermometrische titratie van een hypochlorietoplossing met een propanonoplossing vind je de equivalente hoeveelheden van de reactanten en bijgevolg de reactieproducten.

#### Werkwijze

Voor de reactie van propanon met hypochloriet moet je op laboratoriumtemperatuur gebrachte oplossingen gebruiken (controleer). Breng 100,0 cm<sup>3</sup> hypochlorietoplossing in een geïsoleerde beker, zet er een thermometer in en blijf met een buret in porties van 1,0 cm<sup>3</sup> 4 M propanonoplossing toevoegen onder voortdurend roeren met de thermometer (voorzichtig, niet breken!). Roer het reactiemengsel na elke toevoeging grondig en lees de hoogst bereikte temperatuur af. Blijf de propanonoplossing toevoegen zolang de temperatuur stijgt. Voeg dan nog drie porties extra toe en beëindig het experiment. Bewaar het reactiemengsel voor mogelijk gebruik later.

#### Vragen

1. Teken een titratiecurve met behulp van de gegevens van de temperatuurverandering en het verbruik aan propanonoplossing. Lees het eindpunt van de titratie uit de curve af. Druk de equivalenthoeveelheden van de reactanten in mol uit.
2. Geef de reactievergelijking van de titratie en geef de naam van het gevormde product.
3. Geef een suggestie voor de berekening van een benaderde waarde van de reactiewarmte uit de verkregen gegevens.
4. Hoe zou je het product uit het reactiemengsel moeten isoleren en hoe zou je het kunnen identificeren?
5. De exacte concentratie van een hypochlorietoplossing kan ook bepaald worden door het volume zuurstof te bepalen dat vrijkomt bij katalytische ontleding van hypochloriet. Maak het principe van

deze methode duidelijk met een reactievergelijking en geef schematisch de berekeningsmethode aan.

### uitwerking vragen



3. Berekening van de in de loop van de reactie vrijgekomen warmte  $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$

$Q$  = reactiewarmte;  $m$  = massa van de oplossingen;  $c$  = soortelijke warmtecapaciteit van de oplossingen die aan de reactie deelnemen;  $\Delta t$  = temperatuurverschil (temperatuurverhoging).

Met behulp van de in de opdracht verkregen gegevens is het mogelijk  $Q$  te berekenen per mol reactant.

4. Het mengsel bevat:

reactanten:  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  (overmaat van ongeveer 3 mL 4 M oplossing)

producten:  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$

Aceton en chloroform worden gescheiden van andere stoffen in een waterige oplossing met behulp van een scheitrechter en daaropvolgend een destillatie.

Identificatie van chloroform: geur, dichtheid



$$2 \text{ mol} \rightarrow 1 \text{ mol} \hat{=} 22,4 \text{ dm}^3$$

### Opgave 11

Als men een bekende overmaat hydroxide-oplossing met bekende concentratie toevoegt aan een gewogen monster ammoniumzout en het vrijgekomen ammoniak verwijderd door koken, kun je de hoeveelheid hydroxide die niet gereageerd heeft te bepalen met een volumetrische zuuroplossing.

#### Werkwijze

Je hebt drie monsters ammoniumzout, met een nauwkeurigheid van 0,001 g gewogen. Breng elk ervan in een 250 mL erlenmeyer. Voeg aan elk monster 50,0 mL 0,2 M natronloog toe. Breng enkele kooksteentjes in de mengsels en verwarm de erlenmeyers op lage vlam langzaam tot er geen ammoniak meer vrijkomt. Koel na verwijderen van ammoniak de oplossing op kamertemperatuur, voeg 2 tot 3 druppels indicatoroplossing toe (broomthymolblauw) en titreer met 0,1 M volumetrische oxaalzuuroplossing tot eerste geelkleuring van de oplossing.

#### Vragen

1. Bereken uit de experimentele gegevens de molaire massa van het ammoniumzout.
2. Het monster is een zout van een monobasisch anorganisch zuur. Geef de naam van het zout.
3. Bereken de absolute en relatieve fout van je bepaling.
4. Geef de reactievergelijkingen van de aantonningsreacties van de ionen in het zout.