

# Scheikunde

VWO

*vragen*

**Vrijdag 19 mei 1995**

**13.30–16.30 uur**

*toelichting*

Dit examen bestaat uit 23 vragen.

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

*instructie*

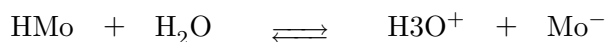
Als bij een vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

**Opgave 1**

- 1 Methyloranje is een zuur–base–indicator. De zure vorm van methyloranje wordt in deze opgave weergegeven als HMo.

Als HMo wordt opgelost in water, stelt zich het volgende evenwicht in:



Van dit evenwicht is de reactie naar rechts endotherm.

Bij een pH hoger dan 4,4 heeft een oplossing van methyloranje bij kamertemperatuur een oranjegele kleur.

Bij een pH lager dan 3,1 heeft een oplossing van methyloranje bij kamertemperatuur een rode kleur. De verschillende kleuren die een oplossing van methyloranje kan hebben, worden veroorzaakt door HMo molekulen en/of  $\text{Mo}^-$  ionen. Eén van deze soorten deeltjes veroorzaakt de oranjegele kleur, de andere soort veroorzaakt de rode kleur.

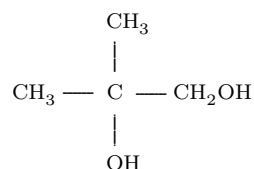
Leg aan de hand van bovenstaande gegevens uit welke van de kleuren oranjegeel en rood wordt veroorzaakt door  $\text{Mo}^-$  ionen.

- 2 Een methyloranje–oplossing van  $\text{pH} = 3,8$  heeft bij kamertemperatuur een mengkleur van oranjegeel en rood. Als een methyloranje–oplossing van  $\text{pH} = 3,8$  wordt verwarmd, verandert de kleur van de oplossing. De oorspronkelijke kleur komt echter bij afkoeling weer terug.

Leg aan de hand van gegevens in deze opgave uit welke kleur de methyloranje–oplossing van  $\text{pH} = 3,8$  bij verwarmen zal krijgen: oranjegeel of rood.

## Opgave 2

- 3 Een verbinding heeft de volgende structuurformule:



Geef de systematische naam van deze verbinding.

- 4 Als aan een oplossing van de verbinding met de bovenstaande structuurformule een aangezuurde oplossing van kaliumperjodaat ( $\text{KIO}_4$ ) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Daarbij wordt  $\text{IO}_4^-$  omgezet in  $\text{I}^-$ . Verder ontstaan bij deze redoxreactie als koolstofverbindingen uitsluitend propanon en methanal.

Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af. Geef daarbij de koolstofverbindingen in structuurformules.

## Opgave 3

- 5 Twee leerlingen, Esther en Iris, willen door onderzoek controleren dat rubber een onverzadigd karakter heeft.

Zij doen wat stukjes rubber in een erlenmeyer met broomwater en laten de erlenmeyer met inhoud, afgesloten met een stop, een half uur lang op hun tafel staan. De vloeistof in de erlenmeyer blijkt dan ontkleurd te zijn.

Esther beweert dat de ontkleuring bewijst dat het rubber onverzadigd is; volgens haar heeft additie van broom aan rubber plaatsgevonden. Iris vindt dat Esther een voorbarige conclusie trekt. Iris zegt dat de ontkleuring bij het experiment misschien wel is veroorzaakt doordat in het rubber substitutie van waterstof door broom heeft plaatsgevonden.

Natuurrubber heeft de molekuulformule  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ . Bij substitutie van waterstof in  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ , door broom ontstaan onder andere  $\text{H}^+$  en  $\text{Br}^-$ .

Geef de vergelijking van deze reactie tussen  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$  en broom als per eenheid  $\text{C}_5\text{H}_8$  één broommolekuul zou reageren. Geef daarbij de koolstofverbindingen in molekuulformules.

- 6 Iris toont met een proefje aan dat er bij hun experiment inderdaad  $\text{H}^+$  is ontstaan en dat er dus substitutie is opgetreden. Om na te gaan of daarnaast ook additie is opgetreden, willen de twee leerlingen hun experiment met stukjes rubber en broomwater opnieuw doen, maar dan zo dat geen substitutie kan optreden.

Geef aan hoe zij hun experiment moeten aanpassen om er zeker van te zijn dat geen substitutie kan optreden.

- 7 De meeste soorten rubber zijn ge vulcaniseerd. Daarvoor wordt meestal zwavel gebruikt. Esther en Iris willen onderzoeken of het rubber dat zij hebben, zwavel bevat. Zij verbranden een stukje rubber en leiden het gasmengsel dat bij de verbranding ontstaat, in een erlenmeyer met broomwater. De vloeistof in de erlenmeyer blijkt te ontkleuren. Esther beweert dat deze ontkleuring het gevolg is van een reactie tussen zwaveldioxide en broomwater. Zij concludeert hieruit dat het rubber zwavel bevat.

Iris vindt ook déze conclusie voorbarig. Iris zegt dat de verbranding van het rubber waarschijnlijk niet volledig is geweest en dat de ontkleuring van de vloeistof in de erlenmeyer ook veroorzaakt kan zijn door 'brokstukken van rubbermolekulen in het gasmengsel'. Volgens haar zou in die 'brokstukken' bijvoorbeeld substitutie van waterstof door broom kunnen zijn opgetreden.

Om na te gaan of in de erlenmeyer zo'n substitutie heeft plaatsgevonden, voegt Iris aan een deel van de (ontkleurde) inhoud van de erlenmeyer een reagens toe waarmee de aanwezigheid van  $\text{Br}^-$  inderdaad wordt aangetoond. Daaruit concludeert zij dat in het ingeleide gasmengsel 'brokstukken van rubbermolekulen' hebben gezeten. Nu vindt Esther de conclusie van Iris voorbarig. Esther zegt dat het ontstaan van  $\text{Br}^-$  in de erlenmeyer even goed kan wijzen op de aanwezigheid van zwaveldioxide in het ingeleide gasmengsel.

Leg uit dat Esther hierin gelijk heeft.

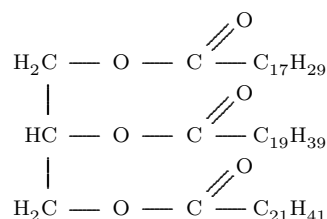
- 8 Geef de formule van de soort deeltjes die Esther en Iris in de ontkleurde inhoud van de erlenmeyer moeten aantonen om er zeker van te zijn dat in het ingeleide gasmengsel zwaveldioxide zat.
- 9 Noem een reagens dat Esther en Iris moeten toevoegen om de aanwezigheid van die soort deeltjes in de ontkleurde inhoud van de erlenmeyer aan te tonen.

## Opgave 4

- 10 Het zaad van de koolzaadplant bestaat voor een groot gedeelte uit olie. Deze olie noemt men koolzaadolie. Koolzaadolie is een mengsel van glyceryltri-esters.

Glyceryltri-esters zijn esters van glycerol en vetzuren. Sommige van deze vetzuren zijn onverzadigd: in de molekulen van die vetzuren komen  $\text{C}=\text{C}$  groepen voor. Cyclische structuren en  $\text{C}\equiv\text{C}$  groepen komen in de molekulen van de onverzadigde vetzuren niet voor.

De formule van één van de glyceryltri-esters in koolzaadolie kan als volgt worden weergegeven:



Leg mede aan de hand van bovenstaande formule uit, hoeveel  $\text{C}=\text{C}$  groepen in één molecuul van die glyceryltri-ester voorkomen.

- 11 Men overweegt koolzaadolie in de toekomst te gebruiken als brandstof. Koolzaadolie zou dan in plaats van dieselolie gebruikt kunnen worden. Dieselolie is een mengsel van koolwaterstoffen. Dieselolie wordt verkregen door destillatie van aardolie.

Zowel bij gebruik van dieselolie als bij gebruik van koolzaadolie als brandstof komt koolstofdioxide vrij.

Per gereden kilometer ontstaat bij volledige verbranding van dieselolie minder koolstofdioxide dan bij de volledige verbranding van koolzaadolie. Het gemiddelde brandstofverbruik voor dieselolie bedraagt 6,2 l per 100 km. De gemiddelde samenstelling van dieselolie kan met de formule  $\text{C}_{14}\text{H}_{29}$  worden weergegeven. De gemiddelde dichtheid van dieselolie bedraagt  $0,84103 \text{ kg/m}^3$ .

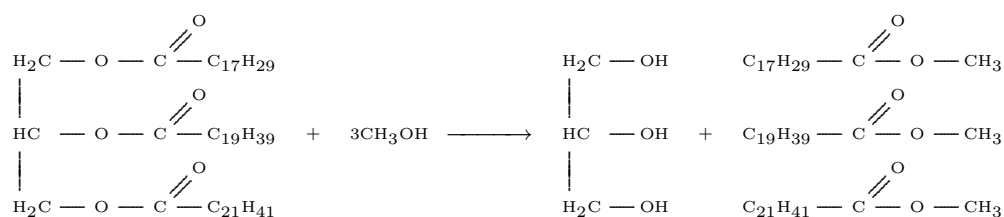
Bereken met gebruikmaking van deze gegevens hoeveel mol koolstofdioxide gemiddeld per gereden km ontstaat bij volledige verbranding van dieselolie.

- 12 Koolstofdioxide is één van de gasen die bijdragen tot de langzame opwarming van de atmosfeer, het zogenoemde 'broeikas-effect'. Toename van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer dient beperkt te worden. Omdat per gereden km bij de volledige verbranding van koolzaadolie meer koolstofdioxide vrijkomt dan bij de volledige verbranding van dieselolie lijkt koolzaadolie als brandstof een grotere bijdrage te leveren aan het broeikas-effect dan dieselolie. Toch zou een vervanging van dieselolie als brandstof door koolzaadolie tot gevolg hebben dat de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer minder zou toenemen. Er zouden dan elk jaar op grote schaal koolzaadplanten moeten worden verbouwd die voldoende koolzaadolie opleveren om dieselolie als brandstof te vervangen.

Geef de oorzaak waarom door deze vervanging de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer minder zou toenemen.

- 13 Koolzaadolie is niet geschikt voor gewone dieselmotoren. Men kan koolzaadolie met behulp van methanol volledig omzetten in glycerol en de methylesters van de vetzuren; men noemt dit om-esteren. Uit het ontstane mengsel wordt het glycerol afgescheiden. Het overblijvende mengsel van de methylesters is wel geschikt als brandstof in een gewone dieselmotor.

De om-estering van de eerder genoemde glyceryltri-ester verloopt als volgt:



Voor deze reactie is de enthalpieverandering  $\Delta H$  zo klein dat deze op 0 Joule gesteld mag worden.

Uit 966 g (= 1,00 mol) van de bovengenoemde glyceryltri-ester kan men door om-esteren 970 g van een mengsel van methylesters maken.

Bij de volledige verbranding van 1,00 mol van de glyceryltri-ester komt  $3,93 \cdot 10^7$  J vrij (298 K,  $p = p_0$ ). Bij volledige verbranding van 970 g van het mengsel van methylesters komt een andere hoeveelheid energie vrij.

Bereken de hoeveelheid energie (in joule) die vrijkomt bij de volledige verbranding van 970 g van het mengsel van methylesters (298 K,  $p = p_0$ ). Maak hierbij onder andere gebruik van Binas tabel 55; de daarin vermelde verbrandingsenthalpieën hebben betrekking op volledige verbrandingen.

## Opgave 5

- 14 Leidingwater bevat diverse soorten ionen. Van het water dat door een waterleidingbedrijf wordt geleverd, zijn de volgende gegevens bekend:

ionsoort	concentratie (mol/l)	ionsoort	concentratie (mol/l)
Na <sup>+</sup>	$1,74 \cdot 10^{-3}$	Cl <sup>-</sup>	$1,92 \cdot 10^{-3}$
K <sup>+</sup>	$0,11 \cdot 10^{-3}$	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$0,03 \cdot 10^{-3}$
Ca <sup>2+</sup>	$2,02 \cdot 10^{-3}$	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$3,48 \cdot 10^{-3}$
Mg <sup>2+</sup>	$0,34 \cdot 10^{-3}$	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	...

Andere ionsoorten dan de hier vermelde komen in het leidingwater slechts in verwaarloosbare concentraties voor.

Bereken met behulp van bovenstaande gegevens hoeveel mol SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> per liter in dit leidingwater aanwezig is.

- 15 Men kookt 1,00 liter van dit leidingwater. Daarbij treedt de volgende aflopende reactie op:



Leid het aantal mol  $\text{CaCO}_3$  af dat bij het koken van 1,00 liter van het leidingwater ontstaat. Neem daarbij aan dat van het ontstane  $\text{CaCO}_3$  zo weinig opgelost blijft dat dit verwaarloosbaar is.

- 16 Om het gehalte aan  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  in water door titratie te bepalen kan een oplossing gebruikt worden van het dinatriumzout van ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA). EDTA is een vierwaardig zuur, dat kan worden aangeduid met  $\text{H}_4\text{Y}$ . Het dinatriumzout wordt in het vervolg van deze opgave weergegeven met  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ . In water is dit zout als volgt geïoniseerd:



Bij de bepaling van het gehalte aan  $\text{Ca}^{2+}$  en het gehalte aan  $\text{Mg}^{2+}$  in bijvoorbeeld bronwater wordt de pH van de te titreren oplossing vooraf met behulp van een bufferoplossing op 10 gebracht. Vervolgens wordt getitreerd met een  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  oplossing.

In eerste instantie wordt bij de titratie  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$  omgezet in  $\text{Y}^{4-}$ :



Het aldus gevormde  $\text{Y}^{4-}$  reageert bij de titratie eerst met het  $\text{Ca}^{2+}$ ; daarna vindt, als het meeste  $\text{Ca}^{2+}$  heeft gereageerd, een reactie plaats tussen  $\text{Mg}^{2+}$  en  $\text{Y}^{4-}$ :



Bij deze titratie kan men gebruik maken van het feit dat het enthalpie-effect van de reactie  $\text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-} \longrightarrow \text{CaY}^{2-}$  anders is dan het enthalpie-effect van de reactie  $\text{Mg}^{2+} + \text{Y}^{4-} \longrightarrow \text{MgY}^{2-}$ .

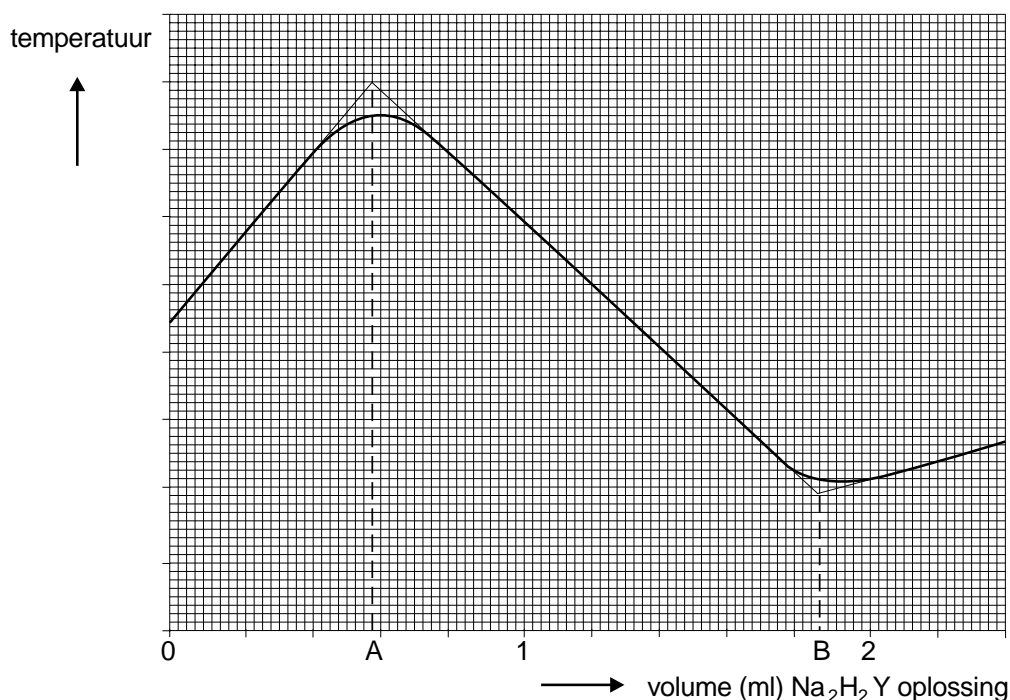
Men meet met een zeer gevoelige thermometer het verloop van de temperatuur tijdens de titratie. De gemeten temperatuur wordt uitgezet tegen het toegevoegde volume  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  oplossing.

Bij een titratie, uitgaande van 25,0 ml van een bepaald soort bronwater, met een 0,0978 M  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  oplossing bij pH = 10 verkreeg men het volgende diagram:

In het diagram geven de punten A en B het aantal ml aan waarvan voor de berekening van de gehalten aan  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  in het bronwater mag worden aangenomen dat daarbij juist alle  $\text{Ca}^{2+}$  respectievelijk juist alle  $\text{Mg}^{2+}$  heeft gereageerd.

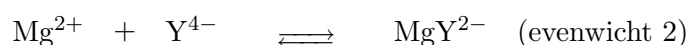
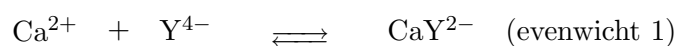
Bereken het gehalte aan  $\text{Mg}^{2+}$  in het betreffende bronwater in milligram per liter. Als aangenomen wordt dat de temperatuurveranderingen bij de genoemde titratie uitsluitend het gevolg zijn van het optreden van reacties, kan uit het diagram worden afgeleid of de reactie  $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Y}^{4-} + 2\text{H}_2\text{O}$  endotherm of exotherm is.

- 17 Leg aan de hand van het diagram uit of deze reactie endotherm of exotherm is.



**Figuur 1**

- 18 In feite zijn de reacties van  $\text{Ca}^{2+}$  met  $\text{Y}^{4-}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  met  $\text{Y}^{4-}$  evenwichtsreacties die sterk rechts liggen.



Dat eerst het meeste  $\text{Ca}^{2+}$  wordt omgezet met  $\text{Y}^{4-}$  en pas daarna het  $\text{Mg}^{2+}$ , komt omdat de waarden van de evenwichtsconstanten  $K_1$  (evenwicht 1) en  $K_2$  (evenwicht 2) in voldoende mate van elkaar verschillen.

Deze waarden bedragen bij 298 K respectievelijk:  $K_1 = 1,1 \cdot 10^{11}$  en  $K_2 = 5,0 \cdot 10^8$ . Met een titratie als beschreven in deze opgave heeft men van het eerder genoemde leidingwater bepaald dat  $[\text{Ca}^{2+}]$  gelijk is aan  $2,02 \cdot 10^{-3}$  mol/l en  $[\text{Mg}^{2+}]$  gelijk is aan  $0,34 \cdot 10^{-3}$  mol/l. Men kan berekenen hoeveel procent  $\text{Mg}^{2+}$  uit het leidingwater tijdens de titratie is omgezet in  $\text{MgY}^{2-}$  op het moment dat 95,0% van het  $\text{Ca}^{2+}$  is omgezet in  $\text{CaY}^{2-}$ .

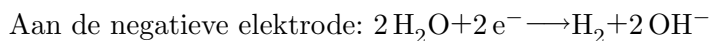
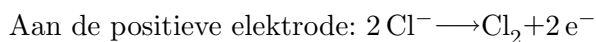
Bereken, met behulp van de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1,  $[\text{Y}^{4-}]$  (in mol/l) op het moment dat 95,0% van het oorspronkelijk aanwezige  $\text{Ca}^{2+}$  is omgezet in  $\text{CaY}^{2-}$ .

- 19 Bereken hoeveel % van het oorspronkelijk aanwezige  $\text{Mg}^{2+}$  op dat moment is omgezet in  $\text{MgY}^{2-}$ .



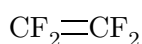
## Opgave 6

- 20 Bij de elektrolyse van een geconcentreerde oplossing van natriumchloride met onaantastbare elektroden treden de volgende reacties op.

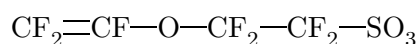


In de industrie wordt deze elektrolyse toegepast ter bereiding van  $\text{Cl}_2$  en een  $\text{NaOH}$  oplossing. Omdat  $\text{Cl}_2$  een (ongewenste) reactie met  $\text{OH}^-$  kan aangaan, moet de reactieruimte van de positieve elektrode gescheiden worden van de reactieruimte van de negatieve elektrode. Daartoe kan men een membraan gebruiken. Het toegepaste membraan laat deeltjes als  $\text{Cl}_2$  molekulen en  $\text{OH}^-$  ionen niet door. Een elektrolysecel waarin zo'n membraan wordt toegepast noemt men een membraancel.

Het membraan dat men in dit geval gebruikt, is gemaakt van een additiepolymeer dat bereid kan worden door een mengsel van de volgende twee monomeren te laten polymeriseren:



monomeer 1

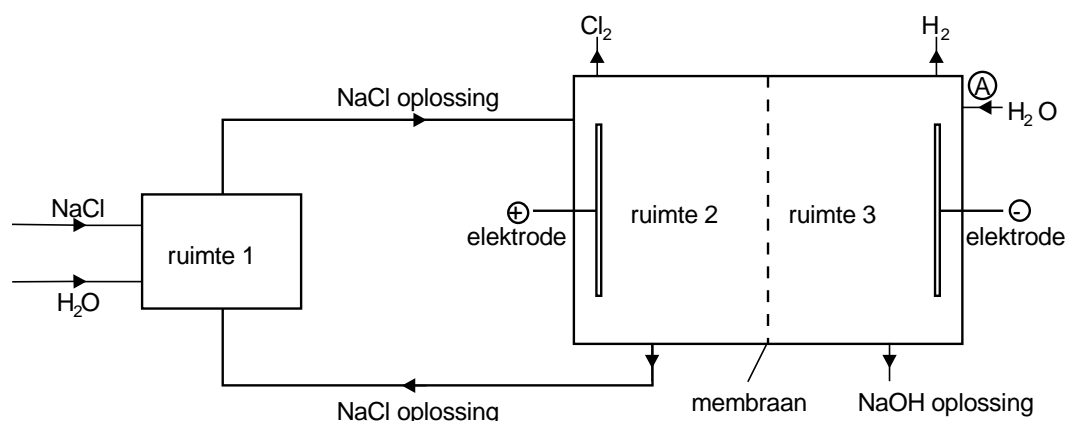


monomeer 2

Geef van het polymeer dat uit een mengsel van deze monomeren ontstaat een gedeelte uit het midden van een polymereemolekuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn opgebouwd uit twee monomeereenheden 1 en twee monomeereenheden 2.

De structuur van de  $\text{SO}_3\text{H}$  groep hoeft niet in de structuurformule te worden weergegeven.

- 21 De elektrolyse in een membraancel is een continu proces. Dit proces kan schematisch als volgt worden weergegeven.



Figuur 2

Tijdens dit continue proces bevindt zich in ruimte 2 steeds NaCl oplossing; in ruimte 3 bevindt zich steeds NaOH oplossing.

Door het membraan worden in dit geval slechts (gehydrateerde) natriumionen getransporteerd. Men heeft vastgesteld dat deze ionen kunnen worden weergegeven met de formule  $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_3^+$ . Andere ionen dan  $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_3^+$  kunnen het membraan niet passeren; ook watermolekulen (afgezien van die in  $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_3^+$ ) kunnen niet door het membraan heen.

Tijdens de elektrolyse vindt een (netto) transport van  $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_3^+$  plaats van ruimte 2 naar ruimte 3.

Om te bewerkstelligen dat het hele elektrolyseproces continu verloopt, moet men er onder andere voor zorgen dat tijdens de elektrolyse de samenstelling van de oplossing in ruimte 2 constant blijft. Daartoe moeten NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  in één bepaalde molverhouding in ruimte 1 worden geleid.

Leg uit in welke molverhouding NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  in ruimte 1 geleid moeten worden om de samenstelling van de oplossing in ruimte 2 constant te houden.

- 22** Door de membraancel loopt een stroom met een constante hoge stroomsterkte. Men heeft de stroomsterkte zodanig hoog ingesteld dat per seconde 0,80 mol  $\text{H}_2\text{O}$  aan de negatieve elektrode reageert.

Bereken die stroomsterkte in ampère (1 Ampère = 1 Coulomb per seconde). Gebruik hierbij onder andere Binas tabel 7.

- 23** Bij de constante stroomsterkte waarbij per seconde 0,80 mol  $\text{H}_2\text{O}$  aan de negatieve elektrode reageert, gaat per seconde 0,80 mol  $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_3^+$  van ruimte 2 naar ruimte 3. Tegelijkertijd wordt bij A (zie figuur 2) 2,70 mol  $\text{H}_2\text{O}$  per seconde ingeleid.

Bereken het massapercentage NaOH ( $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ) in de oplossing die ruimte 3 verlaat.