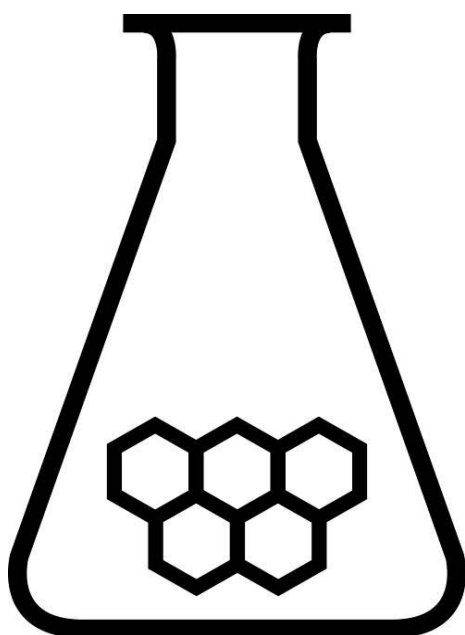


# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

## OPGAVEN VOORRONDE 1

(de week van)  
woensdag 2 februari 2011



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



## AkzoNobel

Tomorrow's Answers Today

- Deze voorronde bestaat uit 24 meerkeuzevragen verdeeld over 6 onderwerpen en 3 open vragen met in totaal 15 deelvragen en een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor elke opgave (met open vragen) een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 72 punten.
- De voorronde duurt maximaal 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<sup>e</sup> druk.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.



## Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 36 punten)

**normering:** 1½ punt per juist antwoord (Vul bij elke vraag je antwoord(letter) op het antwoordblad in.)

**Let op:** fout antwoord: -¼ pt; geen antwoord: 0 pt.

### praktijk

- 1 Je bepaalt hoeveel kristalwater zit in een monster gehydrateerd koper(II)sulfaat,  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Dit doe je door te verhitten. Je weegt het massaverlies water. Berekening levert de formule  $\text{CuSO}_4 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$ , maar in Binas vind je  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Welke fout geeft de beste verklaring voor deze meetfout?
- A Bij verhitting is ook wat koper(II)sulfaat verloren gegaan.
  - B Het monster is niet lang genoeg verhit.
  - C Je hebt teveel monster ingewogen.
  - D De gebruikte balans gaf een systematische fout in de massa (0,10 g teveel).
- 2 Een handelsooplossing azijn bevat 5,00 massaprocent azijnzuur. De molariteit van deze oplossing ( $\rho = 1,00 \text{ g mL}^{-1}$ ) is:
- A  $0,833 \text{ mol L}^{-1}$
  - B  $1,00 \text{ mol L}^{-1}$
  - C  $1,20 \text{ mol L}^{-1}$
  - D  $3,00 \text{ mol L}^{-1}$
- 3 Industrieel wordt ammoniak geproduceerd volgens:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ . Per minuut wordt  $1,2 \cdot 10^3 \text{ mol H}_2(\text{g})$  verbruikt. Hoeveel mol  $\text{NH}_3(\text{g})$  wordt er per minuut gevormd?
- A  $8,0 \cdot 10^2$
  - B  $1,2 \cdot 10^3$
  - C  $1,8 \cdot 10^3$
  - D  $2,4 \cdot 10^3$
- 4 Er loopt 30,6 s een stroom van 10,0 A door een koper(II)nitraatoplossing. Hoeveel g koper slaat er neer op de minpool?
- A 0,101
  - B 0,201
  - C 0,403
  - D 6,04

### structuur en eigenschap

- 5 Bij het oplossen van magnesiumchloride in water ontstaan
- A gehydrateerde  $\text{MgCl}_2$  moleculen.
  - B gehydrateerde  $\text{Mg}^{2+}$  ionen en gehydrateerde  $\text{Cl}^-$  ionen.
  - C gehydrateerde  $\text{Mg}^{2+}$  ionen en gehydrateerde  $\text{Cl}_2^{2-}$  ionen.
  - D gehydrateerde Mg atomen en gehydrateerde  $\text{Cl}_2$  moleculen.
- 6 Hoeveel valentie-elektronen zitten er in een persulfaat ion,  $\text{SO}_5^{2-}$ ?
- A 32
  - B 34
  - C 36
  - D 38

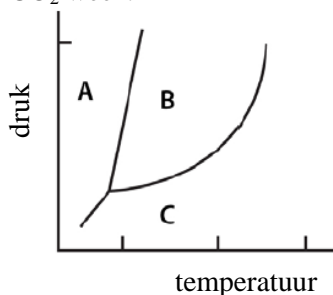
- 7 Welk van onderstaande moleculen heeft geen blijvend dipoolmoment?
- A  $\text{BCl}_3$
  - B  $\text{CHCl}_3$
  - C  $\text{NCl}_3$
  - D  $\text{PCl}_3$

**rekenen**

- 8 Enzymen zetten glucose om in ethanol volgens  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$   
Hoeveel kg ethanol kan er maximaal gevormd worden uit 15,5 kg glucose?
- A 0,256
  - B 0,512
  - C 3,96
  - D 7,93
- 9 Welke van onderstaande verbindingen heeft het hoogste massapercentage stikstof?
- A  $\text{NH}_2\text{OH}$
  - B  $\text{NH}_4\text{NO}_2$
  - C  $\text{N}_2\text{O}_3$
  - D  $\text{NH}_4\text{NH}_2\text{CO}_2$
- 10 Men mengt 200 mL 0,0657 M NaOH, 140 mL 0,107 M HCl en 160 mL water. Wat is de pH van de oplossing die is ontstaan?
- A 2,271
  - B 2,434
  - C 2,742
  - D 3,043

**aggregatietoestand**

- 11 Bij dezelfde  $T$  en  $p$  heeft vochtige lucht een kleinere dichtheid dan droge lucht. Wat is hiervoor de beste verklaring?
- A Water is polair en stikstof en zuurstof zijn apolair.
  - B Het kookpunt van water is hoger dan dat van stikstof en zuurstof.
  - C De molaire massa van water is kleiner dan die van stikstof en zuurstof.
  - D Water heeft een grotere warmtecapaciteit dan stikstof of zuurstof.
- 12 Hieronder staat het fasediagram van  $\text{CO}_2$  afgebeeld. Welke overgang geeft het sublimeren van  $\text{CO}_2$  weer?



- A A → B
- B A → C
- C B → C
- D C → B

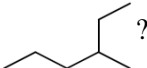
### reacties

- 13 Wat is de reactiewarmte bij reactie van 5,00 g  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in de thermietreactie:  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2 \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2 \text{Fe}(\text{l})$ ?  
Gegevens:  
stof vormingswarmte in  $\text{kJ mol}^{-1}$   
 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  -822  
 $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$  -1670  
 $\text{Fe}(\text{l})$  15,4  
A -25,6 kJ  
B -26,2 kJ  
C -52,4 kJ  
D -77,9 kJ
- 14 Van een evenwichtsreactie heeft de reactie naar rechts een reactiewarmte van  $100 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
De activeringsenergie voor deze reactie is  $140 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
Hoe groot is de activeringsenergie voor de reactie naar links?  
A  $40 \text{ kJ mol}^{-1}$   
B  $100 \text{ kJ mol}^{-1}$   
C  $140 \text{ kJ mol}^{-1}$   
D  $240 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 15 Wat doet  $\text{MnO}_4^-$  als het wordt omgezet tot  $\text{MnO}_2$ ?  
A Het  $\text{MnO}_4^-$  ion neemt 3 elektronen op.  
B Het  $\text{MnO}_4^-$  ion neemt 1 elektron op.  
C Het  $\text{MnO}_4^-$  ion staat 1 elektron af.  
D Het  $\text{MnO}_4^-$  ion staat 3 elektronen af.
- 16 Welke deeltjes zijn in de redoxreactie  $\text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 5 \text{Cl}^-(\text{aq}) + 6 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Cl}_2(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  de oxidator en de reductor?  
A  $\text{Cl}^-$  is oxidator,  $\text{ClO}_3^-$  is reductor  
B  $\text{ClO}_3^-$  is oxidator,  $\text{Cl}^-$  is reductor  
C  $\text{ClO}_3^-$  is oxidator,  $\text{H}^+$  is reductor  
D  $\text{Cl}^-$  is oxidator,  $\text{H}^+$  is reductor
- 17 De wachttijd tot blauwkleuring (indicator zetmeel) bij  $25^\circ\text{C}$  voor de reactie  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  bij verschillende beginconcentraties staat in de tabel.  
Welk getal komt op de plaats van het vraagteken te staan?
- | experiment | $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]_0$ ( $\text{mol L}^{-1}$ ) | $[\text{I}^-]_0$ ( $\text{mol L}^{-1}$ ) | wachttijd (s) |
|------------|---|--|---------------|
| 1          | 0,0400  | 0,0800                                   | 39            |
| 2          | 0,0400  | 0,0400                                   | 78            |
| 3          | 0,0100  | 0,0800                                   | 156           |
| 4          | 0,0200  | 0,0200                                   | ?             |
- A 156  
B 234  
C 312  
D 624

### evenwicht

- 18 Wat is de juiste evenwichtsvoorwaarde van het evenwicht  $2 \text{S(s)} + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ ?
- A  $\frac{2[\text{SO}_3]}{2[\text{S}] + 3[\text{O}_2]} = K$
- B  $\frac{2[\text{SO}_3]}{3[\text{O}_2]} = K$
- C  $\frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{S}]^2[\text{O}_2]^3} = K$
- D  $\frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{O}_2]^3} = K$
- 19 Bij welke van onderstaande reacties in evenwicht zal de ligging van het evenwicht naar rechts schuiven bij volumetoename?
- A  $\text{C(s)} + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO(g)}$
- B  $\text{CO(g)} + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO(g)}$
- C  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HF(g)}$
- D  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$
- 20 Hoeveel g  $\text{MgCO}_3(\text{s})$  wordt gevormd als 500 mL verzadigde magnesiumcarbonaatoplossing wordt ingedampt tot 120 mL?
- A 0,047
- B 0,084
- C 0,15
- D 0,20
- 21 Welk percentage van de  $\text{HCOOH}$  moleculen is in een 0,10 M mierenzuuroplossing geïoniseerd?
- A 1,3
- B 1,8
- C 2,7
- D 4,2

### koolstofchemie

- 22 Wat is de systematische naam van  ?
- A 2-ethylpentaan
- B 4-ethylpentaan
- C heptaan
- D 3-methylhexaan
- 23 Hoeveel verschillende alkanalen zijn er met de molecuulformule  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ ?
- A 2
- B 3
- C 4
- D 5
- 24 Het onderscheid verzadigd/onverzadigd bij vetten heeft te maken met
- A het wel of niet metaboliet zijn in de mens.
- B  $\text{C}=\text{C}$ -bindingen.
- C de lengte van de koolstofketen.
- D het wel of niet van dierlijke herkomst zijn.

## Open opgaven

(totaal 36 punten)

### Opgave 2 Zure regen

(12 punten)

De gassen  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$  behoren tot de stoffen die een verzurende werking op het milieu hebben. Zwaveldioxide wordt in de lucht omgezet in zwavelzuur; de stikstofoxiden worden in de lucht omgezet in salpeterzuur.

De ontstane zuren komen via regen (en andere vormen van neerslag) in de bodem en in het oppervlaktewater terecht.

In een artikel komt de volgende passage voor.

*De jaargemiddelde nitraatconcentratie van het regenwater bedraagt  $3,2 \text{ g/m}^3$  regenwater en de sulfaatconcentratie  $5,7 \text{ g/m}^3$ . In 1990-1991 had het regenwater een over het jaar gemiddelde pH-waarde van 4,2.*

Het sulfaat waarvan in het artikel sprake is, komt in het genoemde regenwater vrijwel alleen voor als  $\text{SO}_4^{2-}$  en slechts in geringe mate als  $\text{HSO}_4^-$ .

- 1 Bereken de verhouding tussen het aantal mol  $\text{SO}_4^{2-}$  en het aantal mol  $\text{HSO}_4^-$  in het genoemde regenwater (298 K). 3

Uit de gegevens, vermeld in het artikel, kan men afleiden of het regenwater ook andere positieve ionen dan  $\text{H}^+$  moet bevatten.

- 2 Laat door berekening zien of het genoemde regenwater ook andere positieve ionen dan  $\text{H}^+$  moet bevatten. Ga er in je berekening van uit dat als negatieve ionen alleen sulfaat en nitraat voorkomen en dat het sulfaat uitsluitend in de vorm van  $\text{SO}_4^{2-}$  voorkomt. 4

Behalve de uitstoot van  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$  heeft ook de uitstoot van  $\text{NH}_3$  een verzurende invloed op het milieu. Uit onderzoek is gebleken dat  $\text{NH}_3$  eerst wordt omgezet in  $\text{NH}_4^+$ :



Onder invloed van bacteriën treedt vervolgens in de bodem de volgende reactie op:



Hoe groot in 1980 in Nederland de uitstoot van de genoemde gassen was, staat in onderstaande tabel.

$\text{NH}_3$	$7,7 \cdot 10^9$ mol
$\text{NO}$ en $\text{NO}_2$ (tezamen)	$1,3 \cdot 10^{10}$ mol
$\text{SO}_2$	$1,5 \cdot 10^{10}$ mol

Deze hoeveelheden vertegenwoordigen een bepaalde ' $\text{H}^+$  uitstoot'. Hierbij wordt er van uitgegaan dat  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$  volledig worden omgezet in  $\text{H}^+$  en  $\text{NO}_3^-$ , en dat  $\text{SO}_2$  volledig wordt omgezet in  $\text{H}^+$  en  $\text{SO}_4^{2-}$ . Voor berekening van de ' $\text{H}^+$  uitstoot' maakt het niet uit of deze omzettingen in de bodem of in de lucht plaatsvinden.

Men heeft vastgesteld dat in 1980 de ' $\text{H}^+$  neerslag' in Nederland gemiddeld  $0,58 \text{ mol per m}^2$  was. Ook hierbij wordt uitgegaan van volledige ionisatie.

Nederland heeft een oppervlakte van  $4,1 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$ .

Als deze gegevens met elkaar worden vergeleken blijkt de ' $\text{H}^+$  neerslag' duidelijk te verschillen van de ' $\text{H}^+$  uitstoot' in Nederland in 1980.

- 3 Laat met een berekening zien wat in 1980 groter was: de ' $\text{H}^+$  neerslag' of de ' $\text{H}^+$  uitstoot'. 4

In Nederland is de ' $\text{H}^+$  neerslag' elk jaar ongelijk aan de ' $\text{H}^+$  uitstoot'.

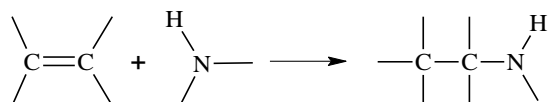
- 4 Geef hiervoor een mogelijke verklaring. 1

### Opgave 3 Dendrimeer

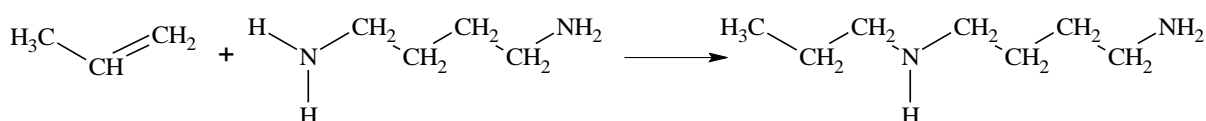
(11 punten)

Verbindingen waarvan de moleculen een  $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$  groep bevatten, kunnen onder invloed van een geschikte katalysator reageren met verbindingen waarvan de moleculen een  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{N} \\ | \end{array}$  groep bevatten.

Daarbij treedt de volgende additie op:



Zo reageert propene ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) met 1,4-butaandiamine ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ) onder vorming van additieproducten met de formule  $\text{C}_7\text{H}_{18}\text{N}_2$ . Eén van de reacties die optreedt, is de volgende:

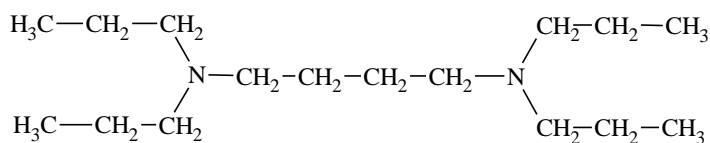


Op grond van bovenstaande gegevens mag verwacht worden dat bij het reageren van propene met 1,4-butaandiamine nog een ander additieproduct met de formule  $\text{C}_7\text{H}_{18}\text{N}_2$  gevormd wordt.

- 5 Geef de structuurformule van dat andere additieproduct.

1

Bij het toevoegen van propene aan 1,4-butaandiamine kan in het reactiemengsel ook een verbinding gevormd worden met de volgende structuurformule:

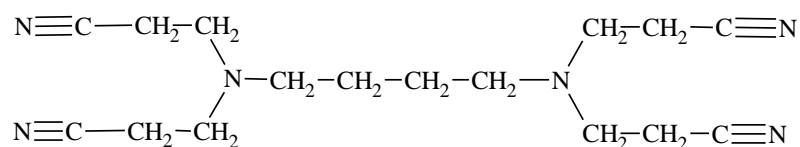


Men kan het ontstaan van deze verbinding verklaren met behulp van voorgaande gegevens.

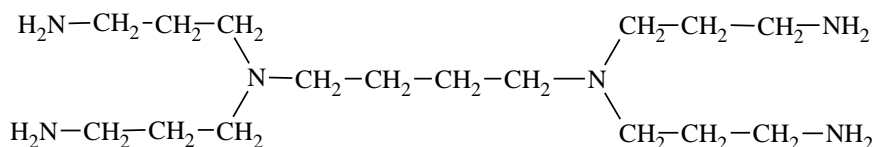
- 6 Leg aan de hand van voorgaande gegevens uit hoe deze verbinding kan ontstaan. Betrek in de uitleg de structuurformule van 1,4-butaandiamine.

2

Acrylonitril ( $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ ) reageert met 1,4-butaandiamine op dezelfde manier als propene dat doet. Bij gebruik van een overmaat acrylonitril ontstaat onder bepaalde omstandigheden vrijwel uitsluitend een verbinding met de volgende structuurformule:



Deze verbinding kan met waterstof reageren. Daarbij treedt additie op. Als deze additie volledig verlopen is, ontstaat een verbinding met de volgende structuurformule:



Uitgaande van 1,4-butaandiamine kunnen, door afwisselende reacties met acrylonitril en met waterstof, polymere moleculen ontstaan die steeds verder vertakt raken. Onder geschikte omstandigheden kan men steeds maximale aangroei van de moleculen realiseren.



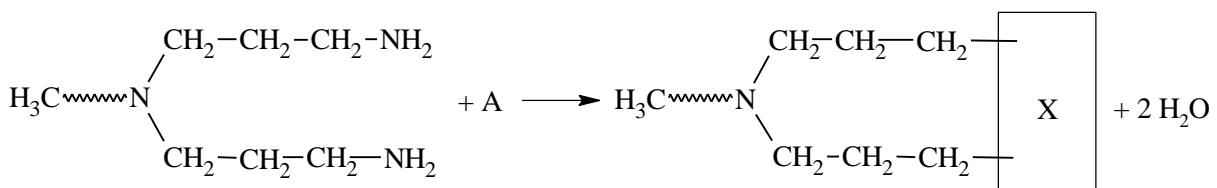
- 7 Leg uit hoeveel moleculen waterstof nodig zijn om uitgaande van 1 molecuul 1,4-butaandiamine een polymere molecuul te maken met 16 NH<sub>2</sub> groepen.  
Neem daarbij aan dat alle reactiestappen volledig verlopen.

4

De hiervoor genoemde soort polymeren, met NH<sub>2</sub> groepen aan de buitenkant van de moleculen, is goed oplosbaar in water.

In de polymere moleculen zitten 'holten'. Men onderzoekt de mogelijkheid om die holten te vullen met kleurstofmoleculen, zodat het polymeer als een in water oplosbare kleurstofdrager dienst zou kunnen doen in verf.

Om te verhinderen dat de ingesloten kleurstofmoleculen uit de holten zouden kunnen ontsnappen, moeten de holten via de NH<sub>2</sub> groepen afgesloten worden. Men zou het polymeer ter afsluiting van de holten kunnen laten reageren met bijvoorbeeld butaandizuur, maar ook met bijvoorbeeld asparaginezuur (2-aminobutaandizuur). Voor de bereiding van de kleurstofdrager geeft men daarbij de voorkeur aan het gebruik van asparaginezuur (zie voor de structuurformule Binastabel 67C1) boven het gebruik van butaandizuur. De reactie van één molecuul asparaginezuur (A) met een stukje van het polymeer is als volgt weer te geven:



- 8 Geef het gedeelte dat hierboven met X is aangeduid, in structuurformule weer.
- 9 Leg uit waarom men voor het aldus afsluiten van de holten asparaginezuur zou gebruiken en niet butaandizuur.

2

2

## Opgave 4 Schudden maar!

(13 punten)

Als men een oplosmiddel A, waarin een stof X is opgelost, in contact brengt met een oplosmiddel B, dat niet met A mengbaar is, dan zal er diffusie optreden van X van A naar B (en al spoedig ook omgekeerd) tot een evenwichtssituatie is bereikt voor de verdeling van X over A en B.

Schudden versnelt het bereiken van deze evenwichtssituatie. Men kan dit zien als een evenwichtsproces:  $X_A \rightleftharpoons X_B$  waarvoor een evenwichtsconstante  $K_v$  geldt:  $K_v = \frac{[X]_B}{[X]_A}$ .

Om het verdelingsevenwicht van azijnzuur CH<sub>3</sub>COOH (=X) over tetra (CCl<sub>4</sub>) (=A) en water (=B) te bepalen, brengt men 1,0 liter tetra met daarin 6,0 g azijnzuur opgelost in contact met 1,0 liter water.

Na instelling van het evenwicht titreert men ter bepaling van de molariteit van het azijnzuur in de waterlaag een monster van 1,0 mL van die waterlaag met 0,90 mL 0,10 M NaOH-oplossing.

- 10 Bereken hieruit de  $K_v$  van de verdeling van azijnzuur over water en tetra. Laat de ionisatie van azijnzuur in water buitenbeschouwing.

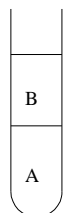
4

Op soortgelijke wijze kan men ook de  $K_v$  van de verdeling van butaanzuur over water en tetra bepalen.

- 11 Beredeneer of die  $K_v$  bij butaanzuur groter of kleiner zal zijn dan bij azijnzuur.

2

Dit principe kan men ook gebruiken om geleidelijk steeds meer azijnzuur uit een oplossing van azijnzuur in tetra te extraheren. Dit doet men als volgt. Bij een oplossing van azijnzuur in tetra wordt 1,0 liter water gevoegd. Het geheel wordt geschud, zodat de azijnzuur zich gaat verdelen over water en tetralaag. Na evenwichtsinstelling verwijdert men voorzichtig de waterlaag. Bij de overblijvende tetralaag wordt opnieuw een verse portie water gevoegd, het geheel weer geschud enzovoort, enzovoort.



- 12 Bereken hoeveel porties van 1,0 liter water men achtereenvolgens in contact moet brengen met 1,0 liter tetra, waar 6,0 gram azijnzuur in zit opgelost, om het azijnzuurgehalte in de tetralaag terug te brengen tot minder dan 0,10 mg per liter. 2
- In werkelijkheid is het evenwichtsproces bij het verdelen van azijnzuur over water en tetra ingewikkelder.  
In de tetralaag komt azijnzuur namelijk voor in de vorm van ‘dimeer’ deeltjes met formule  $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$  en in de waterlaag als enkelvoudige deeltjes  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- 13 Geef de vergelijking van dit evenwichtsproces met het dimeer links van het evenwichtsteken. 1
- 14 Voor dit evenwichtsproces kun je ook een -andere- evenwichtsconstante  $K'_v$  definiëren: geef de formule voor die  $K'_v$ . 2
- 15 Bereken de waarde van  $K'_v$ , die uit de titratie van het monster uit de waterlaag volgt (zie de meetgegevens boven vraag □10.) 2