

# Zuren en basen

versie 16-11-2016

Je kunt bij een onderwerp komen door op de gewenste rubriek in de inhoud te klikken.

Wil je vanuit een rubriek terug naar de inhoud, klik dan op de tekst van de rubriek waar je bent.

Gewoon scrollen gaat natuurlijk ook.

Achter sommige opgaven staat tussen haakjes extra informatie over aspecten die ook in betreffende opgave voorkomen.

## Inhoud

Zuur-base reacties (bovenbouw).....	2
pH-berekeningen van sterke zuren en basen (bovenbouw) .....	2
Zwakke zuren en basen (bovenbouw).....	3
Buffers .....	7
Zuur-base titraties (bovenbouw).....	9

## Zuur-base reacties (bovenbouw)

### **Opgave 1**

Geef de vergelijking van de reacties die optreedt als de volgende stoffen bij elkaar worden gevoegd.

- 1 Bariumoxide en verdund azijnzuur.
- 2 Ammonia en verdund salpeterzuur.
- 3 Aluminiumoxide en een salpeterzuuroplossing.
- 4 Fosforzuur-oplossing en kalkwater.
  
- 5 Natriumcarbonaat-oplossing en zoutzuur.
- 6 Zoutzuur en ammonia;
- 7 Verdund salpeterzuur en een kaliumwaterstofcarbonaat-oplossing;
- 8 Natronloog en een kaliumwaterstofcarbonaat-oplossing;
- 9 Kaliumoxide en water;
- 10 Verdund fosforzuur met vast ijzer(III)oxide;
- 11 Zoutzuur en een oplossing van natriumacetaat;
- 12 Verdund zwavelzuur en een oplossing van bariumhydroxide.

Bij de volgende processen treden zuur-base-reacties op. Geef de reactievergelijking. Geef tevens het zuur, de base en de protonoverdracht aan.

- 13 Het aantonen van koolstofdioxide met helder kalkwater.
- 14 het ontstaan van hard water (calciumwaterstofcarbonaat-oplossing) doordat koolzuur reageert met kalksteen (calciumcarbonaat).

### **Opgave 2**

Ga na of de volgende zuren en basen met elkaar kunnen reageren. Zo ja, geef de reactievergelijking. Zo nee, leg duidelijk uit waarom niet.

- 1 het oplossen van ketelsteen (calciumcarbonaat) met verdund azijnzuur.
- 2 Een oplossing met waterstoffluoride met een natriumwaterstofoxalaat-oplossing.
- 3 Een oplossing van ammoniumchloride met een oplossing van natriumacetaat.

## pH-berekeningen van sterke zuren en basen (bovenbouw)

### **Opgave 1 Oplossingen**

Bereken de pH van de volgende oplossingen.

- 1 4,0 M zoutzuur.
- 2  $1,5 \cdot 10^{-3}$  M kalkwater.
- 3 2,0 M natronloog
- 4 50 mL natronloog (natriumhydroxide-oplossing) met pH = 11 wordt gevoegd bij 15 mL zoutzuur met pH = 2,0 en het geheel wordt aangevuld tot 1,00 L

### **Opgave 2 Verdunningen**

Men heeft een oplossing van zwavelzuur. Deze oplossing bevat 2,7 gram  $\text{H}_2\text{SO}_4$  per 500 ml.

- 1 Bereken de  $\text{H}_3\text{O}^+$  ionenconcentratie in deze oplossing.
- 2 Bereken de pH van deze oplossing in twee decimalen.

Men heeft ook een oplossing van natronloog met een pH van 12,5. 250 mL van deze natronloog wordt met water verdund tot pH = 11,6.

- 3 Bereken hoeveel mL water er is toegevoegd om de pH van 12,5 naar 11,6 te brengen.  
Men lost 3,25 gram natriumhydroxide op tot 250 ml water.
- 4 Bereken de pH van deze oplossing.  
Aan 150 ml van een oplossing met een pH = 4,1 voegt men 450 ml zuiver water toe.
- 5 Bereken de pH van de nieuwe oplossing.
- 6 Bereken hoeveel mol salpeterzuur is opgelost in 100 mL van een salpeterzuuroplossing met een pH van 3,5.
- 7 Bereken hoeveel gram natriumhydroxide je moet oplossen tot 250,0 mL oplossing om een oplossing te krijgen met een pH = 9,5.

## **Zwakke zuren en basen (bovenbouw)**

### **Opgave 1 Verloopt er een reactie?**

Ga na of er een reactie verloopt als de volgende stoffen met elkaar worden gemengd. Zo ja, geef dan de reactievergelijking. Zo niet, leg dan uit waarom er geen reactie verloopt.

- 1 Vast calciumcarbonaat wordt met verdund zoutzuur overgoten.
- 2 Een oplossing van salpeterzuur wordt gemengd met een natriumfosfaat oplossing.
- 3 Een oplossing van bariumhydroxide wordt gemengd met verdund zwavelzuur.
- 4 Een oplossing van natriumfluoride en een oplossing van waterstofcyanide (HCN).
- 5 Een oplossing van methaanzuur en een oplossing van natriummonowaterstoffosfaat.

### **Opgave 2 Vergelijking van zure oplossingen (1)**

Men heeft drie genummerde bekers I, II en III, die respectievelijk bevatten:

I verdund zoutzuur;

II verdund zwavelzuur (zwavelzuur is volledig geïoniseerd);

III verdund azijnzuur.

In alle drie de bekers is de pH 3,2.

- 1 Beredeneer in welk bekers het grootste aantal mol zuur is opgelost en in welk bekers het kleinste aantal mol.  
Men verdund ieder van de oplossingen met water tot het dubbele volume.
- 2 Beredeneer of de pH's in de drie bekers nog aan elkaar gelijk zijn.
- 3 Bereken de pH na verdunning in bekers I en II.

### **Opgave 3 Vergelijking van zure oplossingen (2)**

Men heeft azijn (een oplossing van ethaanzuur in water) en zoutzuur (een oplossing van waterstofchloride in water), beide met pH = 5,0.

- 1 Geef de juiste notatie voor beide oplossingen.
- 2 Bereken de concentratie in mol L<sup>-1</sup> van het zoutzuur.
- 3 Leg uit of de concentratie van het azijnzuur groter of kleiner moet zijn dan van het zoutzuur om dezelfde pH te verkrijgen.  
Zowel het azijn als het zoutzuur worden 5 maal verdund.
- 4 Bereken de pH van het 5 maal verdunde zoutzuur.

- 5 Verwacht je dat de pH van het aldus ontstane azijn gelijk, hoger of lager zal zijn dan de pH van het 5 maal verdunde zoutzuur. Verklaar je antwoord.

#### **Opgave 4 Vergelijking van zure oplossingen (3)**

Je krijgt twee oplossingen: 2,0 L oplossing van 0,315 g salpeterzuur en 2,0 L van een oplossing van azijnzuur met dezelfde pH.

- 1 Geef de juiste notatie van beide oplossingen.
- 2 Bereken de pH van de salpeterzuur oplossing.
- 3 Leg uit of er meer, evenveel of minder mol azijnzuur moet worden opgelost om een oplossing met dezelfde pH als de salpeterzuur oplossing te maken.  
Beide oplossingen worden verdund tot 10,0 L.
- 4 Beredeneer (dus niet berekenen!) welke van de twee oplossingen de laagste pH zal hebben na het verdunnen of leg uit waarom beide oplossingen dezelfde pH zullen hebben na het verdunnen.
- 5 Geef de vergelijking van de reactie van een oplossing van azijnzuur met vast calciumcarbonaat.
- 6 Leg uit of een oplossing van azijnzuur zal reageren met een oplossing van natriumjodaat ( $\text{NaIO}_3$ ).

#### **Opgave 5 Vergelijking van zure oplossingen (4)**

Men voegt aan 10 mL van een oplossing van een sterk zuur met  $\text{pH} = 2,00$  natronloog toe tot de pH van de oplossing 4,00 is geworden. Hiervoor blijkt 7,0 mL van de natronloog nodig te zijn. Ook als men natronloog van dezelfde molariteit toevoegt aan 10 mL van een oplossing van een zwak zuur met  $\text{pH} = 2,00$  zal na toevoeging van een aantal mL natronloog de pH van de oplossing 4,00 worden.

- 1 Leg uit of dan in dat geval 7,0 mL, meer dan 7,0 mL of minder dan 7,0 mL van de natronloog nodig is.

#### **Opgave 6 Kalkwater**

Kalkwater is een verzadigde oplossing van calciumhydroxide.

Jaap maakt kalkwater door 0,200 mol calciumhydroxide te mengen met 1,00 L water.

- 1 Bereken de pH van het kalkwater. Maak daarbij gebruik van tabel 43B.
- 2 Bereken het oplosbaarheidsproduct van calciumhydroxide.  
Jaap voegt aan de suspensie nog 1,00 L water toe en roert totdat de maximale hoeveelheid calciumhydroxide weer is opgelost.
- 3 Leg uit of de pH van het kalkwater dan veranderd is, en zo ja, hoe.

#### **Opgave 7 pH-berekeningen diverse oplossingen**

Bereken de pH van de volgende oplossingen.

- 1 0,75 M waterstoffluoride-oplossing.
- 2 0,50 M ammonia.
- 3 0,10 M natriumwaterstofsulfaat-oplossing.
- 4  $3,0 \cdot 10^{-2}$  M zwavelzuur (Neem hierbij aan dat alleen de eerste ionisatiestap volledig verloopt en de tweede slechts gedeeltelijk).

#### **Opgave 8 pH-, $K_z$ -, $\text{p}K_z$ -, $\alpha$ - en concentratieberekeningen**

- 1 Aan 100,0 mL van een sterk zuur met  $\text{pH} = 1,0$  wordt precies 0,84 g watervrij  $\text{NaHCO}_3$  toegevoegd. Bereken de pH van de aldus ontstane oplossing. Neem aan dat het volume niet verandert.
- 2 Een oplossing van 0,10 M azijnzuur (ethaanzuur) is voor 1,36% geprotolyseerd. Bereken:
  - a. de pH van de oplossing;
  - b.  $\text{p}K_z$  en  $K_z$ .
- 3 Leg uit hoe  $K_z$  en  $\text{p}K_z$  zullen veranderen bij temperatuurverhoging, als bekend is dat de protolysereactie van azijnzuur met water endotherm verloopt.

- 4 Van een zuur wordt 0,48 g in 200 mL water opgelost.  $M_{\text{HZ}} = 96,0 \text{ g mol}^{-1}$  en  $K_{\text{Z}} = 1,6 \cdot 10^{-4}$ . Bereken hoeveel mol  $\text{H}_3\text{O}^+$  en  $\text{OH}^-$  in de oplossing aanwezig zijn.
- 5 Een zwak zuur waarvan 0,0200 mol is opgelost in 1,00 L water heeft  $\text{pH} = 4,0$ .
  - a. Bereken de pH als het volume door toevoeging van 9,00 L water op 10,0 L wordt gebracht.
  - b. Bereken in beide gevallen de protolysegraad  $\alpha$ .
- 6 Bereken hoeveel gram zuiver azijnzuur men aan 2,0 L water moet toevoegen om een oplossing met  $\text{pH} = 5,0$  te krijgen.
- 7 Van een zwak zuur lost men 0,50 mol op in 1,0 L water. de pH van de oplossing blijkt 3,6 te zijn. Bereken  $\text{p}K_{\text{Z}}$  en  $\alpha$ .
- 8 Men lost 0,20 mol ammoniak op in 1,0 L water. Bereken de pH.
- 9 Bereken met de waarden van  $\text{p}K_{\text{Z}}$  of  $\text{p}K_{\text{B}}$ , of beredeneer, of in oplossing met elkaar reageren:
  - a.  $\text{H}_3\text{O}^+$  en  $\text{NO}_2^-$
  - b.  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{F}^-$
  - c.  $\text{HCl}$  en  $\text{NH}_3$

### Opgave 9 Oplossing van jodigzuur (waterstofjodiet)

Men lost 0,035 mol van het zwakke zuur  $\text{HIO}_2$  op in water; er ontstaat 1,00 L oplossing. 12% van het  $\text{HIO}_2$  ioniseert.

- 1 Bereken de pH van de ontstane oplossing.
- 2 Bereken de  $K_{\text{Z}}$  van het  $\text{HIO}_2$ .
- 3 Bereken de pH van een oplossing van 0,400 M  $\text{NaIO}_2$ . (Als je  $K_{\text{Z}}$  nodig hebt, maar niet hebt kunnen berekenen, neem dan  $K_{\text{Z}} = 7,5 \cdot 10^{-3}$ . Dit is niet het goede antwoord op het vorige onderdeel.)

### Opgave 10 Oplossing van propaanzuur

Men lost bij kamertemperatuur 0,250 mol propaanzuur ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) op in water en vult dit met water aan tot 0,400 L oplossing.

- 1 Bereken hoeveel procent van de propaanzuurmoleculen zijn geïoniseerd.
- 2 Bereken de pH van de oplossing die is ontstaan.
- 3 Men wil precies genoeg natronloog toevoegen (2,0 M) om al het propaanzuur te laten reageren. Bereken hoeveel mL hiervoor nodig is.
- 4 Leg uit of de oplossing na afloop van deze reactie zuur, basisch of neutraal is.  
0,25 mol van de zwakke base  $\text{B}^-$  wordt opgelost en aangevuld tot 1,00 L. Er ontstaat een oplossing met  $\text{pH} = 11,60$ .
- 5 Bereken de  $K_{\text{b}}$  en de  $\text{p}K_{\text{b}}$  van de base B.

### Opgave 11 Toevoeging hydrazine aan ketelwater

Water dat in fabrieken gebruikt wordt voor het maken van stoom, zogenoemd ketelwater, mag geen corrosie veroorzaken. Daarom moet de opgeloste zuurstof verwijderd worden. Daartoe wordt aan het ketelwater een stof toegevoegd die snel en volledig met zuurstof kan reageren. Hydrazine ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) is zo'n stof. Bij de reactie van hydrazine met opgeloste zuurstof ontstaan uitsluitend water en stikstof.

- 1 Bereken hoeveel liter water dat 0,75 mg opgeloste zuurstof per liter bevat, men met 1,0 kg hydrazine zuurstofvrij kan maken.

De stof die aan ketelwater wordt toegevoegd om opgeloste zuurstof te verwijderen, wordt in overmaat toegevoegd. Het ketelwater mag echter niet zuur worden: in een zure oplossing wordt ijzer ook aangetast. Ook om deze reden kan hydrazine gebruikt worden: hydrazine is een zwakke base. Het geconjugeerde zuur van  $\text{N}_2\text{H}_4$  is  $\text{N}_2\text{H}_5^+$ .

De  $K_{\text{B}}$  van hydrazine bij 298 K is  $8,5 \cdot 10^{-7}$ .

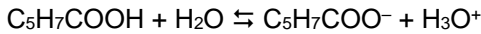
- 2 Bereken de pH van een  $1,0 \cdot 10^{-3}$  M hydrazine-oplossing bij 298 K.

Een bijkomend voordeel van hydrazine is dat eventueel aanwezig roest door hydrazine wordt omgezet in een afsluitend laagje  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Roest kan worden weergegeven met de formule  $\text{FeO}(\text{OH})$ .

- 3 Geef de vergelijking van de reactie van hydrazine met  $\text{FeO}(\text{OH})$ . Neem hierbij aan dat behalve  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  uitsluitend stikstof en water gevormd worden.

### Opgave 12 Sorbinezuur

Sorbinezuur (*trans,trans*-hexa-2,4-dieenzuur) wordt als conserveermiddel in bijvoorbeeld vruchtensappen toegevoegd. Sorbinezuur is een zwak éénwaardig zuur. In waterig milieu stelt zich het volgende evenwicht in:



De conserverende werking van sorbinezuur wordt toegeschreven aan uitsluitend de ongeïoniseerde sorbinezuurmoleculen. Hoe groter de concentratie aan ongeïoniseerd sorbinezuur is, des te sterker is de conserverende werking.

Iemand voegt de maximaal toelaatbare hoeveelheid sorbinezuur toe aan 1 liter perzik sap van  $\text{pH} = 3,5$ . Hij voegt ook een even grote hoeveelheid sorbinezuur toe aan 1 liter perzik sap van  $\text{pH} = 4,0$ .

- 1 Leg, uitgaande van het evenwicht van sorbinezuur in waterig milieu uit, in welk van de twee soorten perzik sap de conserverende werking als gevolg van het toegevoegde sorbinezuur het sterkst zal zijn.

De  $K_Z$  van sorbinezuur bedraagt  $1,5 \cdot 10^{-5}$  (298 K).

Bij toevoeging van de maximaal toelaatbare hoeveelheid sorbinezuur aan vruchtensap is de werking als conserveermiddel nog juist voldoende als nog 10% van het toegevoegde sorbinezuur in ongeïoniseerde vorm aanwezig is. De pH waarbij dat het geval is, noemt men de pH-grenswaarde.

- 2 Bereken de pH-grenswaarde van sorbinezuur (298 K).

### Opgave 13 Hemoglobine

Eén van de stoffen die in bloed voorkomen, is hemoglobine. Deze stof bevindt zich in opgeloste vorm in de rode bloedcellen. Als het bloed tijdens de omloop in het lichaam bij de longen arriveert, wordt zuurstof gebonden aan hemoglobine onder vorming van oxyhemoglobine:



Aan een molecuul hemoglobine kunnen maximaal 4 moleculen zuurstof worden gebonden.

Menselijk bloed bevat per 100 mL maximaal 16 g opgeloste hemoglobine. De molecuulmassa van hemoglobine van de mens is  $6,8 \cdot 10^4$  u.

- 1 Bereken uit bovenstaande gegevens het aantal  $\text{cm}^3$  zuurstofgas, geldend voor 273 K en  $p = p_0$ , dat maximaal gebonden kan worden aan de hemoglobine in 100 mL bloed van de mens.

Hemoglobine en oxyhemoglobine zijn beide meerwaardige zuren (dat zijn zuren die per molecuul of ion meer dan één  $\text{H}^+$  ion kunnen afstaan). Op grond daarvan worden deze stoffen in deze opgave voorgesteld als respectievelijk  $\text{H}_n\text{Hb}$  en  $\text{H}_n\text{HbO}_x$ .

Als verder in deze opgave sprake is van oxyhemoglobine, of  $\text{H}_n\text{HbO}_x$ , wordt  $\text{H}_n\text{HbO}_x$  bedoeld waarvan per molecuul 4 moleculen zuurstof gebonden zijn. Ook als er sprake is van (negatieve) ionen van oxyhemoglobine worden ionen bedoeld waaraan 4 moleculen zuurstof per ion gebonden zijn.

De ionisatie van hemoglobine in een waterige vloeistof in de rode bloedcellen kan als volgt worden weergegeven:



Bij normale lichaamstemperatuur ( $37^\circ\text{C}$ ) heeft  $K_Z$  van  $\text{H}_n\text{Hb}$  de waarde  $5,0 \cdot 10^{-8}$ .

De pH in menselijke rode bloedcellen is onder normale omstandigheden 7,40. Bij die pH is  $\text{H}_n\text{Hb}$  voor meer dan de helft geïoniseerd.

- 2 Laat door berekening aan de hand van evenwicht B zien dat in menselijke rode bloedcellen bij 37 °C en pH = 7,40 meer dan de helft van de H<sub>n</sub>Hb moleculen is geïoniseerd. (laat hierbij ionisatiestappen zoals die van H<sub>n-1</sub>Hb<sup>-</sup> in H<sub>n-2</sub>Hb<sup>2-</sup> buiten beschouwing).

De ionisatie van oxyhemoglobine kan op overeenkomstige wijze worden weergegeven.:



Om inzicht te verkrijgen in veranderingen die bij zuurstofopname in de rode bloedcellen optreden, voert men het volgende experiment uit.

Aan 1,0 mmol hemoglobine wordt zoveel water en kaliloog toegevoegd dat het volume van de oplossing 1,0 L en, gemeten bij 37 °C, de pH 7,40 is. Vervolgens leidt men bij 37 °C zuurstof in deze oplossing. De oxyhemoglobine-oplossing die ontstaat blijkt een pH lager dan 7,40 te hebben. Eén van de oorzaken van deze pH-daling is dat evenwicht B vervangen is door evenwicht C.

- 3 Leg mede aan de hand van dit laatste gegeven uit of de  $K_z$  waarde van H<sub>n</sub>HbO<sub>x</sub> groter dan wel kleiner is dan de  $K_z$  van H<sub>n</sub>Hb.

## **Buffers**

### **Opgave 1 Zoutzuur en azijn vergeleken met een bufferoplossing**

We hebben 0,10 M zoutzuur, een oplossing van 0,10 M azijnzuur en een bufferoplossing die zowel 0,10 mol azijnzuur als 0,10 mol natriumacetaat per liter bevat.

- 1 Bereken de pH van 0,10 M zoutzuur.
- 2 Bereken de pH van 0,10 M azijnzuuroplossing.
- 3 Bereken de pH van de bufferoplossing.
- 4 Leg met behulp van een reactievergelijking uit hoe de bufferoplossing reageert op het toevoegen van een kleine hoeveelheid zuur.
- 5 Leg met behulp van een reactievergelijking uit hoe de bufferoplossing reageert op het toevoegen van een kleine hoeveelheid base.

We verdunnen de drie aan het begin van deze opgave beschreven oplossingen, ieder in een eigen bekeerglas, door van iedere oplossing 10 mL te nemen en deze met water aan te vullen tot 100 mL.

- 6 Bereken de pH van het verdunde zoutzuur.
- 7 Bereken de pH van de verdunde azijnzuuroplossing.
- 8 Bereken de pH van de verdunde bufferoplossing.

### **Opgave 2 Gebufferd?**

Een van de eisen die men aan een bufferoplossing stelt, is dat de pH slechts weinig verandert bij toevoeging van een kleine hoeveelheid zuur of base. In het volgende zal onder een kleine hoeveelheid base steeds 0,1 millimol natriumhydroxide worden verstaan die aan 100 mL oplossing wordt toegevoegd. De volumeverandering kan hierbij buiten beschouwing worden gelaten.

Een niet al te verdunde oplossing van een sterk zuur voldoet aan de gestelde eis van bufferoplossing.

- 1 Toon door berekening aan dat 0,1 molair zoutzuur aan deze eis voldoet.
- 2 Beredeneer of zoutzuur met pH = 5,0 aan deze eis voor een bufferoplossing voldoet.  
Een oplossing met pH = 5,0 kan men ook verkrijgen door een hoeveelheid van een éénwaardig zuur HZ met  $pK_z = 5,0$  op te lossen in water.
- 3 Bereken hoeveel mol van dit éénwaardig zuur ( $pK_z = 5,0$ ) men nodig heeft om 100 mL oplossing met pH = 5,0 te krijgen.
- 4 Beredeneer of de oplossing in het vorige onderdeel genoemd aan de gestelde eis voor een bufferoplossing voldoet.

Een oplossing met  $\text{pH} = 5,0$  kan men eveneens verkrijgen door  $0,1$  mol van hetzelfde zuur  $\text{HZ}$  en een berekende hoeveelheid natriumhydroxide op te lossen in water, zo dat het eindvolume  $100$  mL bedraagt.

- 5 Bereken hoeveel mol  $\text{HZ}$  in deze oplossing nog aanwezig is.
- 6 Beredeneer of de oplossing bij het vorige onderdeel aan de gestelde eis voor een bufferoplossing voldoet.

### **Opgave 3 Bufferoplossingen maken (1)**

Men maakt een bufferoplossing door  $0,12$  mol azijnzuur en  $0,056$  mol natriumacetaat op te lossen tot  $1,0$  liter bufferoplossing.

- 1 Bereken de  $\text{pH}$  van deze bufferoplossing.
- 2 Bereken in welke molverhouding azijnzuur en natriumacetaat gemengd moeten worden om een bufferoplossing met  $\text{pH} = 5,0$  te bereiden.

Men heeft een bufferoplossing nodig met een  $\text{pH} = 9,5$ . Men besluit om een ammonia / ammoniumchloride buffer te gebruiken.

- 3 Bereken in welke molverhouding ammonia en ammoniumchloride gemengd moeten worden om die bufferoplossing te maken.

### **Opgave 4 Bufferoplossingen maken (2)**

Men lost  $2,0$  mol ammoniumchloride in water op tot  $1,0$  liter.

- 1 Hoeveel liter ammoniakgas *van  $p = p_0$  en  $T = 298$  K* moet men in deze oplossing inleiden om  $\text{pH}$  op  $9,2$  te brengen?

Het is mogelijk met twee componenten in water verschillende buffermengsels te maken, die dezelfde  $\text{pH}$ -waarde hebben.

- 2 Waarom zal de bufferende werking groter zijn naarmate men de concentraties van de componenten die de buffer vormen groter neemt?

Een oplossing met  $\text{pH} = 9,2$  is ook te verkrijgen met behulp van natriumcarbonaat en natriumwaterstofcarbonaat.

- 3 Beredeneer of de oplossing bij onderdeel 1, of de hier genoemde, de best bufferende werking heeft, als de concentratie aan natriumwaterstofcarbonaat  $2,0$  mol per liter bedraagt.

### **Opgave 5 Bufferoplossingen maken (3)**

- 1 Welke eigenschappen heeft een bufferoplossing?
- 2 Uit welke soorten stoffen kan een bufferoplossing samengesteld zijn?

Ter beschikking staan  $0,10$  M oplossingen van  $\text{HCl}$ ,  $\text{HAc}$  (azijnzuur),  $\text{NH}_3$  en  $\text{NaOH}$ . Men wil een bufferoplossing maken met  $\text{pH} = 4,00$  en een met  $\text{pH} = 9,00$ . Geen van deze twee buffers kan worden bereid door het samenvoegen van de oplossingen van azijnzuur en  $\text{NH}_3$ .

- 3 Beredeneer uit welke oplossingen de buffer met  $\text{pH} = 4,00$  moet worden samengesteld en bereken in welke volumeverhouding deze oplossingen moeten worden gemengd om het gestelde doel te bereiken.
- 4 Dezelfde vraag voor de verlangde buffer met  $\text{pH} = 9,00$ . Welke oplossingen moeten hiervoor worden gebruikt en in welke volumeverhouding moeten ze worden gemengd?

### **Opgave 6 Ammoniumchloride-oplossing en ammonia (bufferoplossing)**

Hans mengt  $100$  mL  $1,50$  M ammoniumchloride-oplossing met  $150$  mL  $0,500$  M ammonia.

- 1 Leg uit waarom de ontstane oplossing een bufferoplossing genoemd kan worden.
- 2 Bereken de  $\text{pH}$  van deze buffer in twee decimalen.



- 3 Bereken hoeveel mmol HCl aan 1,00 L van deze oplossing moet worden toegevoegd om de pH met 0,10 eenheid te verlagen. Als je bij vraag 2 geen (zinnig) antwoord hebt, mag je hier aannemen dat de pH 9,85 is.

### **Opgave 7 Fosforzuur en fosfaten in oplossing**

Fosforzuur kan in drie stappen ioniseren. Bij twee ionisatiestappen ontstaat een amfolyt.

- 1 Leg aan de hand van één van de waterstoffosfaationen uit wat een amfolyt is. Licht je antwoord toe met twee reactievergelijkingen.
- 2 Leg uit of de pH van een oplossing van dinatriummonowaterstoffosfaat hoger of lager is dan 7.  
Er bestaat een fosfor bevattend zuur met de formule  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Dit zuur heet pyrofosforzuur, en de ionen heten pyrofosfaten. Het ion  $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$  bijvoorbeeld heet monowaterstofpyrofosfaat.
- 3 Geef de formule en de naam van het pyrofosfaation dat bestaat uit 3 H atomen, 2 P atomen en 7 O atomen.  
Het pyrofosforzuur ioniseert in vier stappen. De  $pK_a$ -waarden van deze vier ionisatie-evenwichten zijn respectievelijk 0,85, 1,50, 5,77 en 8,22.  
Een oplossing van het ion van vraag 3 en  $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$  ion is een buffer. Men wil een buffer maken met  $\text{pH} = 1,00$ .
- 4 Bereken hoeveel g  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$  men moet toevoegen aan 1,0 L van een 0,10 M oplossing van het ion van vraag 3. Neem aan dat het volume niet verandert.  
Als je 1,0 mol pyrofosforzuur mengt met 1,0 mol natriummonowaterstofpyrofosfaat en je lost dat op in water, verloopt een reactie. Het reactieproduct is een buffer.
- 5 Leg aan de hand van een reactievergelijking uit dat een buffer is ontstaan.

## **Zuur-base titraties (bovenbouw)**

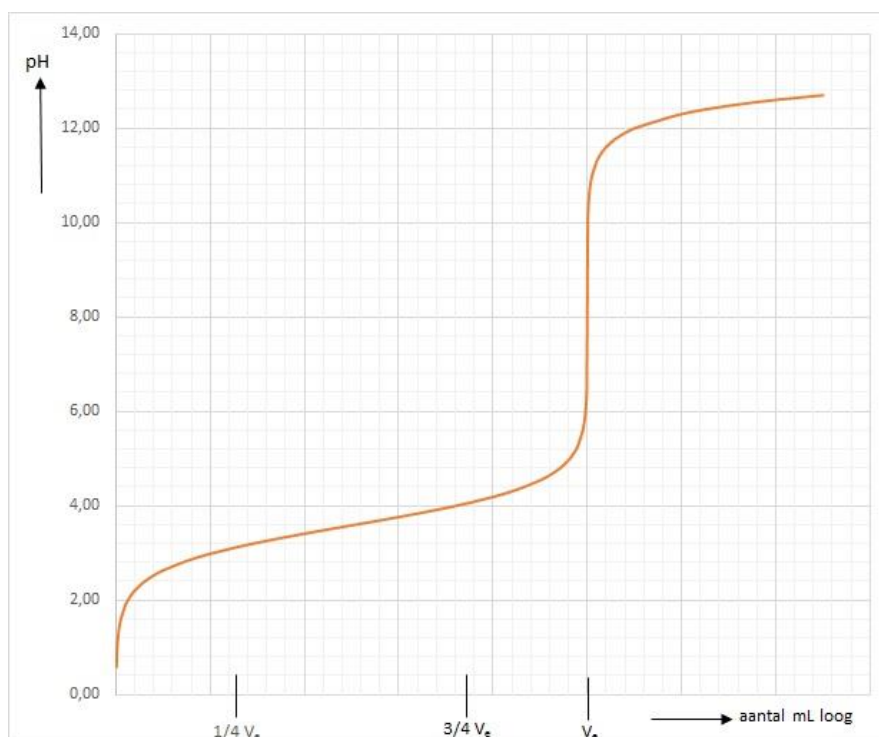
### **Opgave 1 Indicatorkeuze**

Leg duidelijk uit welke indicator je zou kiezen bij de volgende titraties:

- 1 verdund azijnzuur wordt getitreerd met natronloog.
- 2 natronloog wordt getitreerd met zoutzuur.
- 3 ammonia wordt getitreerd met salpeterzuur.

### **Opgave 2 Titratiecurves**

Bij de titratie van 10 mL van een  $a$  molaire oplossing van het eenwaardige zwakke zuur HZ met  $b$  molair natronloog verandert de pH van de oplossing in het titreervat. Deze pH-verandering is weergegeven in onderstaande grafiek.



Als het aantal mmol toegevoegd  $\text{OH}^-$  even groot is als het aantal mmol zuur dat oorspronkelijk aanwezig was, is het zogenoemde equivalentiepunt van de titratie bereikt. Als het equivalentiepunt van deze titratie is bereikt, is de pH van de oplossing 8,20. Het dan toegevoegde aantal mL natronloog is in bovenstaande grafiek aangegeven met  $V_e$ .

Vanaf het begin van de titratie tot vlak vóór het equivalentiepunt stijgt de pH van de oplossing slechts weinig. Deze geringe pH-stijging is bij de titratie van een oplossing van een zwak eenwaardig zuur bij benadering onafhankelijk van  $K_z$  van het zuur. Men kan berekenen dat bij zo'n titratie de pH van de oplossing die na toevoeging van  $\frac{1}{4} V_e$  mL loog ontstaat ongeveer 0,95 pH-eenheid lager is dan de pH van de oplossing die na toevoeging van  $\frac{3}{4} V_e$  mL loog wordt verkregen.

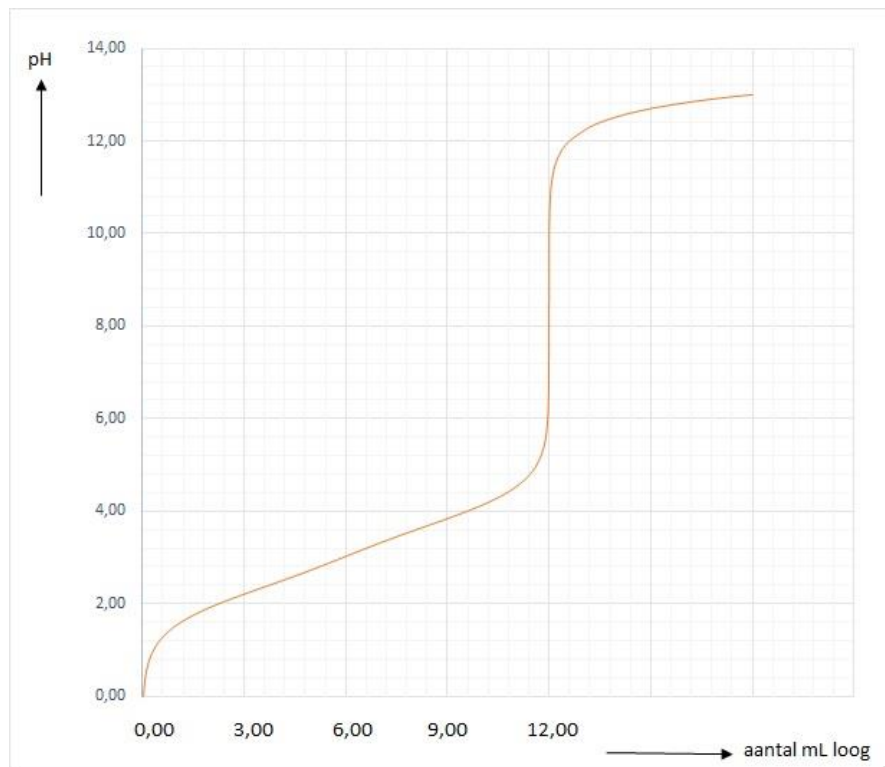
**1** Geef deze berekening.

Bij zo'n titratie is de pH van de oplossing bij het bereiken van het equivalentiepunt wel afhankelijk van de  $K_z$  van het zuur. Zo is bij de titratie van 10 mL van een a molair oplossing van een zwakker zuur dan HZ met b molair natronloog de pH van de oplossing bij het equivalentiepunt niet 8,20.

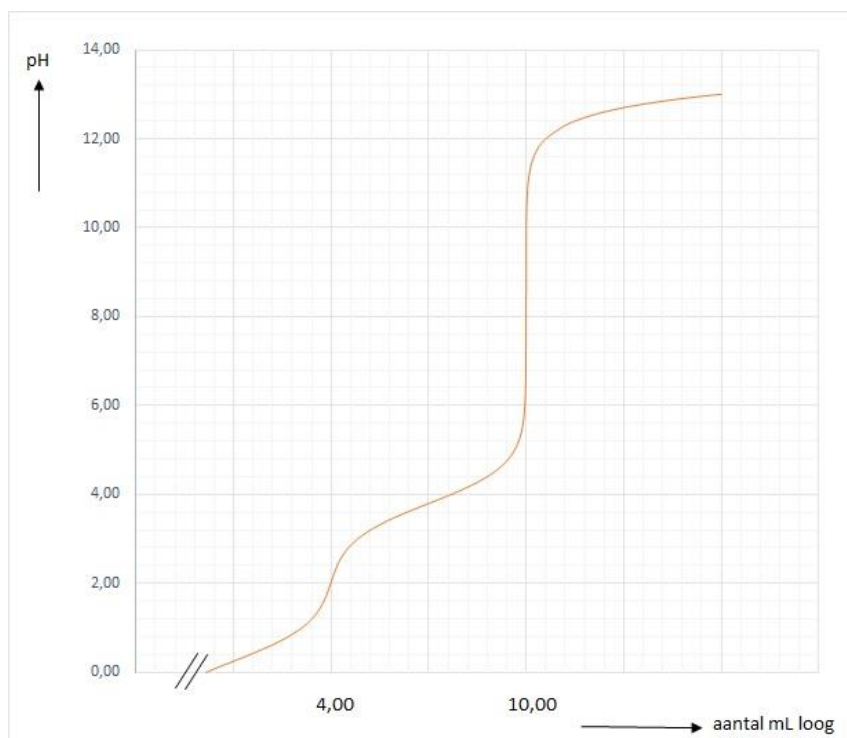
**2** Leg aan de hand van de samenstelling van de oplossing, die in het equivalentiepunt aanwezig is, uit of de pH in dat geval groter dan wel kleiner is dan 8,20.

Bij de titratie van een zwak zuur met natronloog stijgt de pH in de omgeving van het equivalentiepunt sterk.

Bij de titratie van een oplossing van een zwak tweewaardig zuur (dit is een zuur dat per molecuul of ion twee  $\text{H}^+$ -ionen kan afstaan) met natronloog treden vaak twee van dergelijke pH-sprongen op. Er zijn echter ook zwakke tweewaardige zuren die bij titratie met natronloog één pH-sprong vertonen. Wanneer bij de titratie van een oplossing van een zwak zuur met natronloog één pH-sprong optreedt, mag men dus niet zonder meer de conclusie trekken dat dit zuur eenwaardig is. Onderstaande grafiek geeft het pH-verloop tijdens de titratie van 10,0 mL 0,0561 M oplossing van een zwak zuur met 0,935 M natronloog.



- 3 Leg met behulp van het resultaat van deze titratie uit of het desbetreffende zuur eenwaardig is. Bij de titratie van een oplossing van oxaalzuur ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) met natronloog treden twee pH-sprongen op. Ook als een mengsel van oxaalzuur en natriumwaterstofoxalaat met natronloog wordt getitreerd treden twee pH-sprongen op. Onderstaande grafiek geeft het pH-verloop tijdens zo'n titratie weer.



- 4 Leid uit de grafiek de molverhouding af waarin oxaalzuur en natriumwaterstofoxalaat in het oorspronkelijke mengsel aanwezig waren.

### Opgave 3 Sterktebepaling zavelzuuroplossing

Een leerling bepaalt de molariteit van een zwavelzuuroplossing. Hij voegt aan 25,00 mL zwavelzuuroplossing twee druppels van een fenolrood-oplossing toe. Vervolgens neutraliseert hij de oplossing door 26,48 mL van 0,1023 M natronloog toe te voegen.

- 1 Geef de reactievergelijking die bij de neutralisatie optreedt.
- 2 Beredeneer welke kleuromslag de leerling waarneemt.
- 3 Bereken de molariteit van de zwavelzuuroplossing.
- 4 Bereken de pH van de gebruikte natronloog.

### Opgave 4 %(m/m) kaliumhydroxide in ovenreiniger

Kaliumhydroxide is een stof die met vet kan reageren. Daarom wordt kaliumhydroxide gebruikt in ovenreiniger. Ovenreiniger is een pasta waarmee de resten aangekoekt vet van de wand van de oven kunnen worden verwijderd. Jozien bepaalt het massapercentage kaliumhydroxide in ovenreiniger als volgt:

Zij doet 793 mg ovenreiniger in een erlenmeyer.

Zij voegt water toe en roert het een poosje. Er ontstaat een suspensie. Deze wordt gefiltreerd.

Jozien neemt aan dat alle kaliumhydroxide uit de ovenreiniger in het filtraat terecht gekomen is.

Aan het filtraat voegt Jozien 2 druppels van de indicator broomthymolblauw toe. Daarna voegt zij 0,220 M zoutzuur toe tot de indicator van kleur verandert. Neem aan dat alleen kaliumhydroxide met zoutzuur reageert.

Na het toevoegen van 14,52 mL zoutzuur verandert de indicator van kleur.

- 1 Schrijf de vergelijking op van de reactie die optreedt tijdens het toevoegen van het zoutzuur.
- 2 Schrijf op welke kleuromslag plaatsvindt als Jozien stopt met het toevoegen van zoutzuur. Noteer je antwoord als volgt:  
de kleur voor het stoppen: .....  
de kleur na het stoppen: .....
- 3 Bereken het massapercentage kaliumhydroxide in de ovenreiniger.

### Opgave 5 Bepaling calciumcarbonaatgehalte

Voor de gehalte bepaling van slecht in water oplosbare carbonaten worden deze eerst opgelost in een bekende hoeveelheid zoutzuur. De overmaat zuur wordt terug getitreerd met een NaOH-oplossing van bekende sterkte.

Voor de bepaling van het calciumcarbonaatgehalte in ruw  $\text{CaCO}_3$  is 150,6 mg afgewogen. Vervolgens is hieraan 50,00 mL 0,1044 M zoutzuur aan toegevoegd. Na verdrijven van het ontstane  $\text{CO}_2$  door middel van koken is er getitreerd met 24,78 mL 0,1012 M natronloog met methylrood als indicator.

- 1 Geef de reactievergelijkingen in volgorde.
- 2 Bereken het gehalte  $\text{CaCO}_3$  in het monster.

### Opgave 6 Gehaltebepaling ammoniak in schoonmaakmiddel

Ammonia is een oplossing van ammoniak in water. Het heeft een sterk ontvettende werking en wordt daarom veel gebruikt als schoonmaakmiddel.

Marleen heeft een fles ammonia waarvan zij de concentratie ammoniak nauwkeurig wil weten.

Ze verdunt de ammonia met een factor 100. Vervolgens pipetteert ze hiervan 10,00 mL in een erlenmeyer en titreert met 0,1020 M zoutzuur. Voor het bereiken van het equivalentiepunt is hiervan 4,77 mL nodig. Als indicator wordt methylrood gebruikt.

- 1 Schrijf de vergelijking op van de reactie van zoutzuur met ammonia.
- 2 Schrijf op welke kleuromslag plaatsvindt.
- 3 Bereken de concentratie van de ammonia die Marleen gebruikte.

### Opgave 7 Bepaling ammoniakgehalte in een monster ammoniumsulfaat

Voor de bepaling van het ammoniakgehalte in een monster ammoniumsulfaat wordt het monster gekookt met een bekende hoeveelheid loog. De overmaat loog wordt weggenomen met een bekende overmaat zuur. De overmaat zuur wordt getitreerd met loog van bekende sterkte.

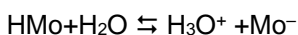
Voor zo'n bepaling is er 401,7 mg monster afgewogen, opgelost en overgebracht in een maatkolf van 100,00 mL. Uit de oplossing in de maatkolf is 25,00 mL in een erlenmeyer gepipetteerd. Hieraan is 25,00 mL 0,0944 M loog uit een buret toegevoegd. De ontstane  $\text{NH}_3$  is uit deze oplossing gekookt. Hierna is 25,00 mL 0,1012 M zoutzuur toegevoegd. Voor de titratie van de overmaat zoutzuur is 15,31 mL 0,0944 M loog verbruikt.

- 1 Geef de reactievergelijkingen in volgorde van optreden.
- 2 Bereken het gehalte  $\text{NH}_3$  in het monster.
- 3 Bereken de zuiverheid van het monster.

### Opgave 8 Methyloranje

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 moleculen en/of  $\text{Mo}^-$  ionen. Eén van deze soorten deeltjes veroorzaakt de oranjegele kleur, de andere soort veroorzaakt de rode kleur.

- 1 Leg aan de hand van bovenstaande gegevens uit welke van de kleuren oranjegeel en rood wordt veroorzaakt door  $\text{Mo}^-$  ionen.  
  
Een methyloranje-oplossing van pH = 3,8 heeft bij kamertemperatuur een mengkleur van oranjegeel en rood. Als een methyloranje-oplossing van pH = 3,8 wordt verwarmd, verandert de kleur van de oplossing. De oorspronkelijke kleur komt echter bij afkoeling weer terug.
- 2 Leg aan de hand van gegevens in deze opgave uit welke kleur de methyloranje-oplossing van pH = 3,8 bij verwarmen zal krijgen: oranjegeel of rood.

### Opgave 9 Bepaling $\%(m/m) \text{NH}_4^+$ in kunstmest

Een bepaalde kunstmestsoort bevat de volgende ionsoorten:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Om het massapercentage  $\text{NH}_4^+$  in de kunstmest te bepalen kan gebruik worden gemaakt van de reactie tussen  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{OH}^-$ . Bij de uitvoering van de bepaling moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van andere ionsoorten. Zo zal bij de volgende uitvoering niet een juist massapercentage worden gevonden.

Aan een afgewogen hoeveelheid kunstmest wordt een bekende hoeveelheid opgelost natriumhydroxide toegevoegd. Deze hoeveelheid is een overmaat. Na verwijdering van het ontstane  $\text{NH}_3$  wordt het overgebleven  $\text{OH}^-$  getitreerd met zoutzuur van bekende molariteit.

Bij deze uitvoering zal de aanwezigheid van een bepaalde ionsoort ervoor zorgen dat een onjuist massapercentage  $\text{NH}_4^+$  wordt gevonden.

- 1 Leg uit welke ionsoort dit is.

Om bovengenoemd probleem te vermijden wordt het ontstane  $\text{NH}_3$  geleid in een oplossing van een bekende hoeveelheid opgelost HCl. Deze hoeveelheid is een overmaat. Het overgebleven  $\text{H}_3\text{O}^+$  wordt vervolgens getitreerd met natronloog met bekende molariteit.

Bij zo'n bepaling wordt aan 408 mg kunstmest een overmaat opgelost natriumhydroxide toegevoegd. Door koken wordt het ontstane  $\text{NH}_3$  volledig verwijderd en geleid in 50,0 mL 0,188 M zoutzuur. De oplossing die na het inleiden van het  $\text{NH}_3$  is ontstaan wordt in een maatkolf vervolgens aangevuld tot 100,0 mL. Van deze oplossing wordt 25,0 mL getitreerd met 0,115 M natronloog. Hiervan blijkt 13,0 mL nodig te zijn.

- 2 Bereken het massapercentage  $\text{NH}_4^+$  in de onderzochte kunstmest.

## Opgave 10 Vrije vetzuren in olijfolie

Olijfolie bestaat voornamelijk uit glyceryltri-esters. Dit zijn esters van glycerol en vetzuren. De oudste manier om olie uit olijven te winnen, is via mechanische weg. Het sap wordt door zware granieten maalstenen uit de vruchten geperst. Er wordt dan een mengsel verkregen dat voornamelijk uit olie en water bestaat. Het water wordt in een centrifuge vervolgens afgescheiden. De temperatuur tijdens deze zogenoemde "koude persing" wordt vaak niet hoger dan 40 °C.

Tegenwoordig wordt olijfolie industrieel vaak via een ander proces gemaakt. Ook dan worden de olijven geperst, maar nu in aanwezigheid van onder andere stoom om zoveel mogelijk olie uit de olijven te halen. Bij dit proces is de temperatuur veel hoger dan bij de koude persing. In het vervolg van deze opgave wordt dit proces "warme persing" genoemd.

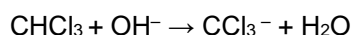
De olie die na de warme persing overblijft, heeft een mindere kwaliteit dan die uit de koude persing, onder andere omdat het gehalte aan vrije vetzuren veel hoger is. Een te hoog gehalte aan vrije vetzuren beïnvloedt de smaak nadelig.

- 1 Geef de naam van het type reactie dat optreedt wanneer vrije vetzuren uit glyceryltri-esters worden gevormd.
- 2 Leg uit hoe het komt dat bij de warme persing relatief meer vrije vetzuren ontstaan dan bij de koude persing. Noem in je uitleg twee oorzaken.

Er is een methode ontwikkeld om met behulp van een titratie het gehalte aan vrije vetzuren in een vet of een olie te bepalen.

Bij deze methode wordt een bekende hoeveelheid olie gemengd met propanon en een klein beetje chlo-roform ( $\text{CHCl}_3$ ). Het mengsel wordt vervolgens getitreerd met een oplossing van kaliumhydroxide in 2-propanol. Direct nadat de toegevoegde hydroxide-ionen hebben gereageerd met alle zure bestanddelen uit de olie, zal een reactie tussen propanon en chloroform optreden. Deze reactie is exotherm. De hierdoor veranderende temperatuur is te gebruiken als eindpuntbepaling van de titratie.

De reactie die na het eindpunt van de titratie optreedt, verloopt in twee stappen. Bij deze reactie treedt  $\text{OH}^-$  als katalysator op. In de eerste stap reageert chloroform als volgt met hydroxide:



In de tweede stap reageren de reactieproducten van stap 1 met propanon, waarbij 1,1,1-trichloor-2-methylpropanon-2-ol als enig organisch reactieproduct ontstaat.

- 3 Geef de reactievergelijking van de tweede stap. Gebruik daarin structuurformules voor propanon en 1,1,1-trichloor-2-methylpropanon-2-ol.

Eerste kwaliteit olijfolie wordt aangeduid met de kwalificatie "extra vergine". Eén van de eisen die aan olie worden gesteld om aan deze kwalificatie te voldoen, is dat het gehalte aan vrije vetzuren, berekend als oliezuur, maximaal 1,00 gram per 100 gram olie bedraagt.

Van een bepaalde soort olijfolie wordt op de hiervoor beschreven manier het gehalte aan vrije vetzuren bepaald. Daartoe wordt 5,542 g olijfolie gemengd met 25 mL propanon en 2 mL chloroform. Het ontstane mengsel wordt getitreerd met een 0,102 M oplossing van KOH in 2-propanol.

Omdat bij deze titratie olijfolie niet de enige vloeistof is waar stoffen in zitten die met  $\text{OH}^-$  reageren, moet eerst een zogenoemde blanco bepaling worden uitgevoerd.

- 4 Beschrijf hoe deze blanco bepaling moet worden uitgevoerd.

Bij de uiteindelijke bepaling bleek dat 2,572 mL 0,102 M KOH oplossing nodig was om te reageren met de vrije vetzuren in de olijfolie.

- 5 Ga na of het gehalte aan vrije vetzuren in de onderzochte olijfolie voldoet aan de genoemde kwaliteitseis voor “extra vergine”. De massa van een mol oliezuur is 282,5 gram.

**Wordt vervolgd**