



# ZEPEN MAKEN DE VROUW

CURSUS

Uitdagend project over chemie met als centrale thema 'zeep'.  
Leerlingen uit de derde graad secundair onderwijs kunnen zelf  
bruisballen, gezichtscrèmes en allerlei soorten zeep fabriceren.



Vlaamse  
overheid



ARTESIS PLANTIJN  
HOGESCHOOL ANTWERPEN

# VOORWOORD

'Zepen maken de vrouw' is het resultaat van een vakoverschrijdend project waarmee het departement Industriële Wetenschappen en Technologie, opleiding Chemie van de toenmalige Artesis Hogeschool Antwerpen (nu Artesis Plantijn Hogeschool Antwerpen), tracht om wetenschap bij jongeren, maar vooral bij meisjes, populairder te maken.

Wetenschappen hebben bij de jeugd vaak het imago saai en oninteressant te zijn. Deze vooroordelen wil de AP Hogeschool via een interactieve cursus wegwerken en er zo voor zorgen dat studenten een realistischer en positief beeld krijgen over de wereld van de chemie.

De cursus 'Zepen maken de vrouw' richt zich naar jongens en meisjes uit de laatste graad van het secundair onderwijs. Rond het thema 'zeep' kunnen ze tien verschillende proefjes uitvoeren onder begeleiding van de leerkracht chemie.

Daarnaast bevat deze cursus een beknopte uiteenzetting over het heden en het verleden van zepen; zo kan ook de leerkracht geschiedenis er beroep op doen. Om het vakoverschrijdend karakter nog uit te breiden, kunnen de studenten bijvoorbeeld voor de les Nederlands een verslag maken en voor Informatica begeleidende grafieken, zodat de onderzoeksresultaten uitgebreid besproken kunnen worden.

Deze nota's worden enkel voor zuiver educatieve doeleinden ter beschikking gesteld en mogen niet gecommmercialiseerd, noch door middel van welke vorm of techniek geproduceerd worden. Alle informatie afkomstig van de AP Hogeschool blijft binnen de hogeschool.

Daarnaast willen we u erop wijzen dat werken met chemische producten gevaarlijk kan zijn. Bij het uitvoeren van de practica in de nota's moeten steeds de veiligheidsmaatregelen nageleefd worden. Artesis Plantijn Hogeschool Antwerpen en de auteurs van dit werk kunnen niet verantwoordelijk gesteld worden voor de eventuele ongevallen indien de voorschriften niet strikt worden nageleefd.

'Zepen maken de vrouw' werd opgestart in 2007 en werd in het voorjaar van 2011, naar aanleiding van het Internationaal Jaar van de Chemie, in een nieuw kleedje gestoken. Het project werd gerealiseerd door Dr. Dorine Wambeke (projectcoördinator), Dr. Ilse Dierck en Dr. ing. Tom Breugelmans, in samenwerking met de opleiding Chemie van de toenmalige Artesis Hogeschool Antwerpen (nu Artesis Plantijn Hogeschool Antwerpen, [www.ap.be](http://www.ap.be)).

Het project werd ondersteund binnen het Actieplan Wetenschapscommunicatie, een initiatief van de Vlaamse Overheid.

# ALGEMENE INHOUDSTAFEL

<b>VOORWOORD</b> .....	<b>2</b>
<b>ALGEMENE INHOUDSTAFEL</b> .....	<b>3</b>
<b>DEEL I</b> .....	<b>5</b>
<b>THEORIE</b> .....	<b>5</b>
<b>INLEIDING</b> .....	<b>6</b>
1 WAT IS ZEEP? .....	6
2 HOE WERKT ZEEP?.....	9
3 SYNTHETISCHE ZEEP: DETERGENT .....	11
<b>ZEEP EN PERSOONLIJKE HYGIENE DOOR DE JAREN HEEN</b> .....	<b>12</b>
1 OUDHEID .....	12
2 GRIEKEN EN ROMEINEN .....	13
3 MIDDELEEUWEN .....	14
4 NIEUWE TIJD .....	15
5 INDUSTRIËLE REVOLUTIE (1770-1870).....	17
6 DE 20 <sup>E</sup> EEUW .....	19
<b>ALGEMEENHEDEN IN HET CHEMISCH LABO</b> .....	<b>21</b>
1 AFVAL .....	21
2 VEEL GEBRUIKTE LABOCHEMICALIËN EN BEGRIPPEN .....	21
3 GLASWERK.....	25
<b>TECHNIEKEN</b> .....	<b>29</b>
TECHNIEK 1: VERWARMEN .....	29
TECHNIEK 2: PIPETTEREN .....	31
TECHNIEK 3: TITREREN.....	34
TECHNIEK 4: FILTRATIE .....	37
TECHNIEK 5: OMKRISTALLISATIE .....	39
TECHNIEK 6: VAST-VLOEISTOFEXTRACTIE .....	41
TECHNIEK 7: EENVOUDIGE DESTILLATIE.....	43
<b>VEILIGHEIDSVORSCHRIFTEN IN HET LABO</b> .....	<b>45</b>
1 BESCHERMINGSMIDDELEN .....	45
2 BRANDWONDEN .....	45
3 VERMIJDEN VAN VERGIFTIGINGEN .....	46
4 VEILIG OMGAAN MET CHEMICALIËN.....	46
5 BELANGRIJKE AANDACHTSPUNTEN EN AFSPRAKEN.....	53
<b>REFERENTIES</b> .....	<b>55</b>
<b>DEEL II</b> .....	<b>57</b>
<b>PRAKTIJK</b> .....	<b>57</b>
<b>PRACTICUM 1: VASTE EN VLOEIBARE ZEEP UIT OLIËN BEREIDEN</b> .....	<b>58</b>
1 INLEIDING .....	58

2 BENODIGDHEDEN.....	59
3 UITVOERING.....	59
4 UITBREIDING: BEREIDING VAN VLOEIBARE ZEEP.....	60
<b>PRACTICUM 2: ZEEP UIT NOOTMUSKAAT .....</b>	<b>63</b>
1. INLEIDING .....	63
2. BENODIGDHEDEN.....	64
3 UITVOERING.....	65
<b>PRACTICUM 3: FRISSE BRUISBALLEN .....</b>	<b>66</b>
1 INLEIDING .....	66
2 BENODIGDHEDEN.....	67
3 UITVOERING.....	67
4 UITBREIDING .....	68
<b>PRACTICUM 4: VAN PINDANOOTJE TOT ZEEP .....</b>	<b>70</b>
1 INLEIDING .....	70
2 BENODIGDHEDEN.....	70
3 UITVOERING.....	71
<b>PRACTICUM 5: SYNTHETISCHE ZEEP FABRICEREN.....</b>	<b>73</b>
1 INLEIDING .....	73
2 BENODIGDHEDEN.....	73
3 UITVOERING.....	74
<b>PRACTICUM 6: VAN VLASZAAD TOT ZEEP .....</b>	<b>75</b>
1 INLEIDING .....	75
2 BENODIGDHEDEN.....	76
3 UITVOERING.....	76
<b>PRACTICUM 7: GEUREN: SYNTHESE VAN WINTERGROENOLIE .....</b>	<b>78</b>
1 INLEIDING .....	78
2 BENODIGDHEDEN.....	79
3 UITVOERING.....	80
<b>PRACTICUM 8: ZELF EEN GEZICHTSCRÈME PREPAREREN .....</b>	<b>82</b>
1 INLEIDING .....	82
2 BENODIGDHEDEN.....	83
3 UITVOERING.....	83
<b>PRACTICUM 9: EIGENSCHAPPEN VAN ZEEP EN DETERGENT .....</b>	<b>84</b>
1 INLEIDING .....	84
2 BENODIGDHEDEN.....	84
3 UITVOERING.....	85
<b>PRACTICUM 10: HET VERZEPINGSGETAL BEPALEN .....</b>	<b>87</b>
1 INLEIDING .....	87
2 BENODIGDHEDEN.....	87
3 UITVOERING.....	88

**DEEL I**

**THEORIE**

# INLEIDING

Chemie wordt wel eens bestempeld als 'vuil' of 'gevaarlijk'. Zulke vooroordelen vloeien vaak voort uit onwetendheid. Men vergeet wel eens dat tal van gebruiksvoorwerpen gemaakt worden door diezelfde chemie, bijvoorbeeld verzorgings- en cosmeticaproducten zoals zeep, parfum, ... Een nadere kennismaking met deze chemie moet een correcte en meer genuanceerde visie geven.

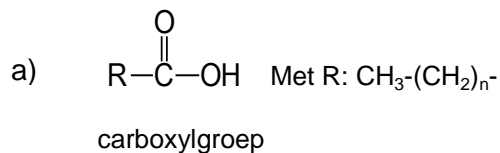
Zeep is een echt basisproduct dat elke dag gebruikt wordt, hetzij als douchegel, hetzij als wasproduct. Maar wat de wetenschapper in ons bezighoudt, is: "wat is zeep nu eigenlijk?", "hoe wordt het gemaakt?" en "hoe werkt het?".

## 1 Wat is zeep?

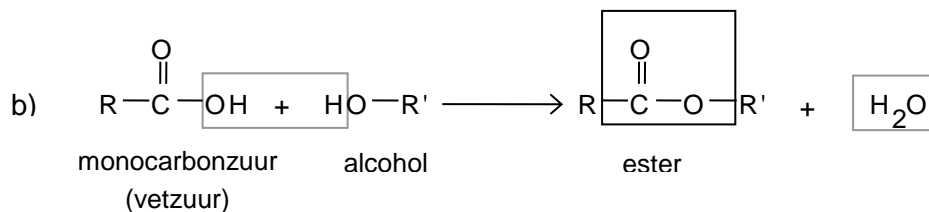
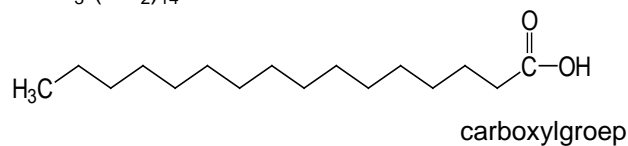
Zepen zijn zouten van vetzuren. De vetzuren worden vrijgesteld uit vetten of oliën bij de bereiding van zeep.

### 1.1 Vetzuren

Vetzuren bestaan uit een koolstofketen met op het einde de carboxylzuurgroep -COOH. Een andere benaming is bijgevolg monocarbonsuren. Ze worden 'vet'zuren genoemd omdat deze organische zuren een belangrijk bestanddeel vormen in natuurlijke vetten en oliën. De vetzuren bestaan meestal uit een even aantal koolstofatomen variërend van 4 tot 26, waarvan deze met een lengte tussen 12 en 18 koolstofatomen het meeste voorkomen (zie Figuur 1a).



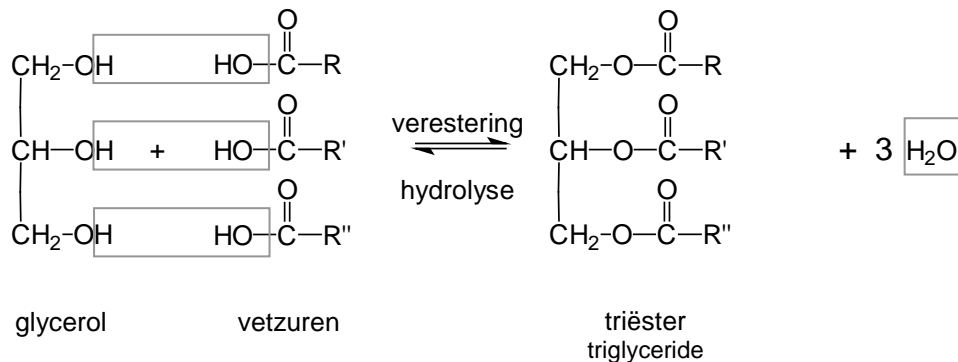
Vb.: Palmitinezuur:  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$



Figuur 1: a) Vetzuur b) Verestering

## 1.2 Lipiden: vetten, oliën

Een vetzuur (monocarbonsuur) reageert met een alcohol ter vorming van een ester. Daarbij splitst water af (zie Figuur 1b). Het trialcohol glycerol heeft drie alcoholfuncties en kan dus reageren met drie vetzuren ter vorming van een triëster (zie Figuur 2). Dat triëster krijgt de naam triglyceride, wat niets meer is dan de moeilijker, chemische benaming voor alledaagse oliën en vetten.



Figuur 2: Vorming van triglyceriden (vet/olie) via drievoudige verestering en hydrolyse van het triëster

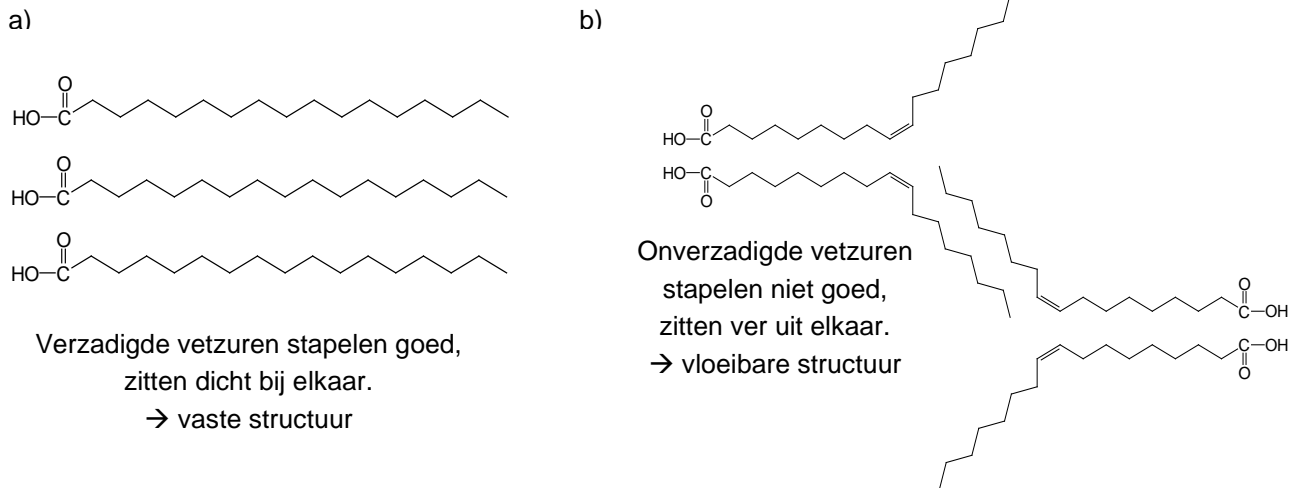
Lipiden zijn onoplosbaar in water. Ze worden onderverdeeld in 2 groepen: de hydrolyseerbare en de niet-hydrolyseerbare lipiden. De hydrolyseerbare lipiden zijn esters van vetzuren en alcoholen (zie boven). 'Hydrolyseerbaar' betekent dat deze lipiden onder invloed van water kunnen splitsen (hydrolyse) in de overeenkomstige vetzuren en alcohol (zie Figuur 2). De niet-hydrolyseerbare lipiden zijn stoffen die geen esterverbinding bevatten. De belangrijkste hydrolyseerbare lipiden zijn vetten en oliën. Zij fungeren als energiereserves in planten en dieren.

Vetten zijn meestal van dierlijke oorsprong en zijn vast bij kamertemperatuur. Oliën daarentegen zijn meestal van plantaardige oorsprong (uitgezonderd enkele visoliën). Ze zijn vloeibaar bij kamertemperatuur en worden vast beneden 0 °C. De reden daarvoor is eenvoudig: planten en vissen (koudbloedig) leven bij omgevingstemperatuur en hebben dus reserves nodig met een laag smeltpunt (vloeibaar). Warmbloedige dieren kunnen reserves met een hoger smeltpunt aanwenden.

Zoals eerder gesteld, hebben oliën en vetten dezelfde algemene structuur: het zijn beide triglyceriden (zie Figuur 2). Ondanks die overeenkomst zijn vetten vast en oliën vloeibaar. Dat verschil wordt verklaard door het aantal dubbele bindingen dat aanwezig is in de koolstofketen van de vetzuren.

Verzadigde koolstofketens (geen dubbele bindingen) resulteren in een meer vaste structuur en onverzadigde koolstofketens (1 of meerdere dubbele bindingen) in een meer vloeibare (zie Figuur 3).





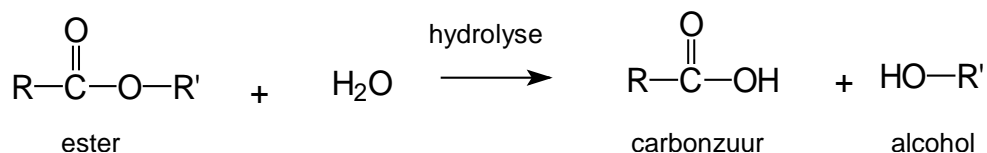
Figuur 3: a) Verzadigde vetzuren b) Onverzadigde vetzuren

Verzadigde vetzuren zijn rechte ketens, waardoor ze makkelijk stapelen. De koolstofketen van een vetzuurketen is apolair en volgens het principe 'soort zoekt soort' trekt apolair apolair aan. De makkelijke stapeling van de rechte ketens en de interactie tussen de apolaire koolstofketens maken verzadigde structuren vaster. Een dubbele binding in de keten daarentegen doet de keten ombuigen. Bijgevolg stapelen de onverzadigde ketens veel moeilijker en is de apolaire interactie veel zwakker. Dat resulteert in een meer vloeibare structuur.

Enkelvoudig (één dubbele binding) en vooral meervoudig onverzadigde (meer dan één dubbele binding) vetzuren krijgen recent veel media-aandacht. Omwille van hun lagere energie-inhoud (minder calorieën) en hun lager cholesterolgehalte t.o.v. verzadigde vetten worden ze aangeraden in het (menselijk) dieet.

### 1.3 Zeep

Zepen zijn natrium- of kaliumzouten van vetzuren. Om zeep te kunnen maken, moeten de vetzuren dus vrijgesteld worden uit de vetten of oliën. Zoals reeds vermeld zijn vetten en oliën triësters waarbij het ester gevormd wordt door reactie tussen een alcohol en een carbonzuur met afsplitsing van water (zie Figuur 2). De omgekeerde reactie stelt de vetzuren vrij: het ester reageert met water tot een carbonzuur en een alcohol. Dergelijke reactie waarbij een binding breekt onder invloed van water heet hydrolyse (zie Figuur 2 en Figuur 4).

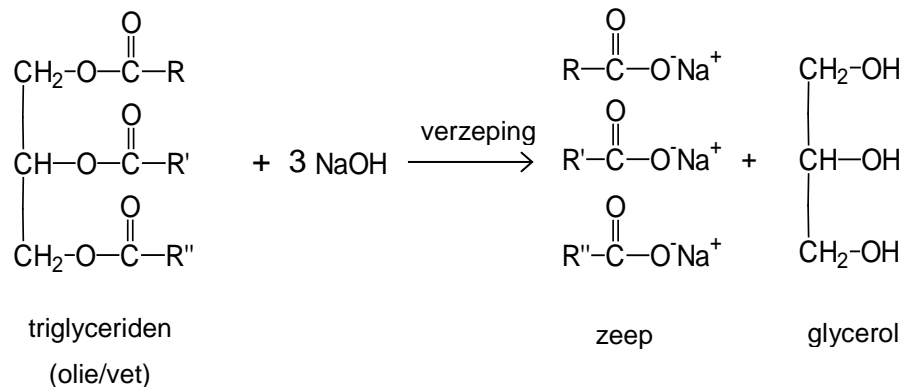


Figuur 4: Algemene hydrolyse reactie

Indien NaOH of KOH wordt toegevoegd, gebeurt de hydrolyse in basisch midden. De esterbinding breekt, waarbij nog steeds glycerol wordt vrijgesteld, maar waarbij (i.p.v. vrije vetzuren) de natrium- of



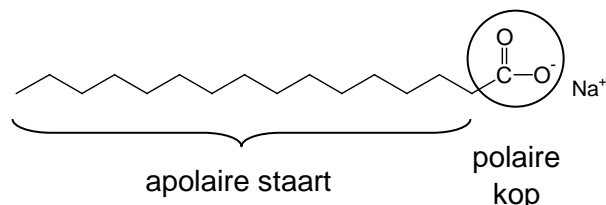
kaliumzouten van de vetzuren gevormd worden, zeep. Deze basische hydrolyse wordt ook wel het verzeepingsproces genoemd.



*Figuur 5: Verzeepingsproces*

## 2 Hoe werkt zeep?

Zouten van vetzuren (zeep) bestaan enerzijds uit het polaire carboxylaation ( $\text{COO}^-$ ) en anderzijds uit een apolaire koolstofketen (zie Figuur 6). Omwille van het principe 'soort zoekt soort' vormt het polaire carboxylaation een hydrofiële (wateraantrekkende) kop en de koolstofketen een hydrofobe (waterafstotende) staart. Deze staart wordt ook dikwijls lipofiel (lipidenaantrekkend) genoemd omwille van zijn goede oplosbaarheid in vetten en oliën.

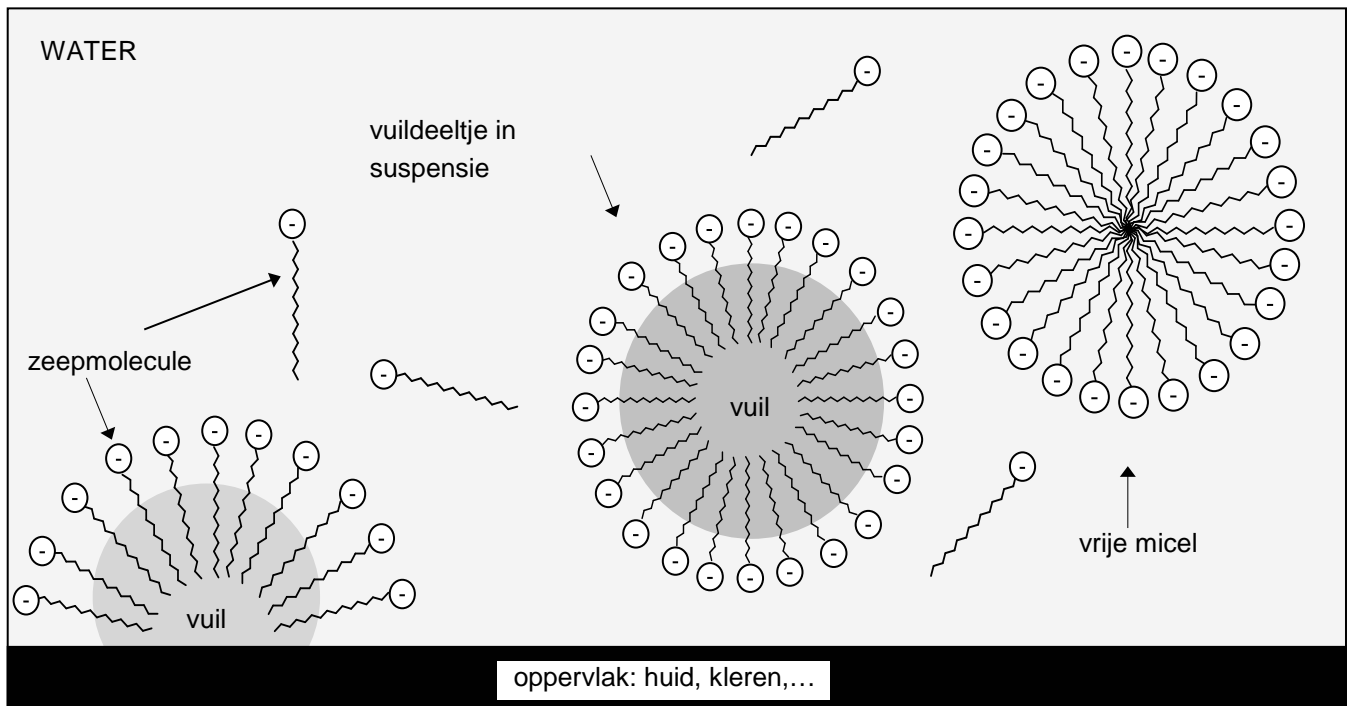


*Figuur 6: Hydrofoob-hydrofiel karakter van zeep*

De werking van zeep berust op volgende processen:

- Dankzij zijn structuur verlaagt zeep de oppervlaktespanning van water, waardoor het te reinigen voorwerp beter bevochtigd wordt.
- Het meeste 'vuil' dat zich op huid, kledij, kook- en eetgerei, ... bevindt, bestaat uit apolaire (wateronoplosbare) verbindingen, voornamelijk oliën en vetten. Omdat het vuil niet in water oplost, is juist zeep nodig om het te verwijderen. De hydrofobe staart van de zeepmoleculen dringt binnen in het apolaire 'vuil', terwijl de hydrofiële kop omgeven blijft door water. De hydrofobe gedeelten ('vuil' + apolaire zeepstaart) richten zich naar elkaar toe en vormen clusters (micellen). De hydrofiële koppen bevinden zich aan de buitenkant en maken het geheel oplosbaar in water (zie Figuur 7). Op die manier wordt het 'vuil' van het oppervlak verwijderd en komt het in het water terecht.

- De micellen worden in suspensie gehouden door repulsie tussen de kopgroepen, zodat ze niet terug neerslaan en het oppervlak bevuilden.
- Op het einde worden de micellen, en dus ook de vuildeeltjes, met het spoelwater weggespoeld.



*Figuur 7: Werking van zeep*

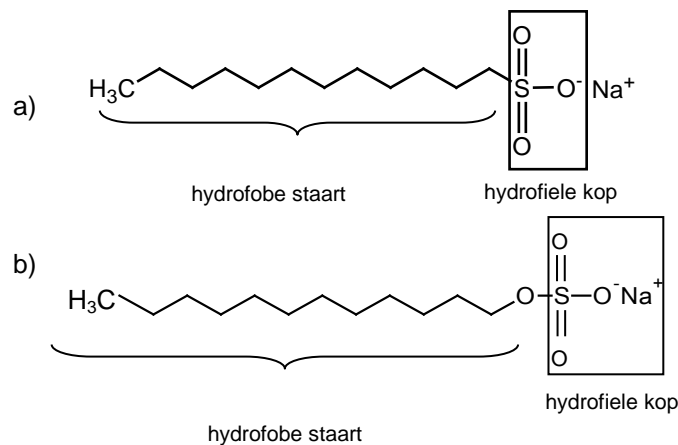
Zoals reeds vermeld, bestaat de koolstofketen van de vetzuren meestal uit een even aantal koolstofatomen variërend van 4 tot 26. Deze met een lengte tussen 12 en 18 C-atomen komen het meeste voor. Het aantal koolstofatomen en dus de lengte van de apolaire staart, is erg belangrijk voor de zeepwerking. Is de apolaire staart te kort (minder dan 10 koolstofatomen), dan dringt deze niet diep genoeg in het vuildeeltje. Bijgevolg is de interactie met het vuildeeltje te klein om het d.m.v. micellen in oplossing (suspensie) te brengen. Is de apolaire staart te lang (meer dan 18 koolstofatomen), dan is de zeep te weinig oplosbaar in water om goede micellen te vormen.

### 3 Synthetische zeep: detergent

Vandaag de dag wordt natuurlijke zeep nog weinig gebruikt. De laatste tientallen jaren worden de meeste reinigingsmiddelen synthetisch bereid uitgaande van petroleum. Dit worden synthetische detergenten genoemd.

Zeep werd de rug toegekeerd omwille van de problemen met hard water. Hard water is water met veel  $\text{Ca}^{2+}$ - en  $\text{Mg}^{2+}$ -ionen. Deze ionen vormen met zeep onoplosbare clusters, waardoor het zijn reinigende werking verliest. Dit is tevens de reden dat zepen natrium- of kaliumzouten van vetzuren zijn en niet bijv. calcium- of magnesiumzouten. Synthetische detergenten daarentegen vormen geen onoplosbare zouten met  $\text{Ca}^{2+}$ - of  $\text{Mg}^{2+}$ -ionen en kunnen dus wel gebruikt worden in hard water.

Synthetische detergenten bestaan, net zoals traditionele zeep, uit een lange, apolaire koolstofketen (hydrofobe staart) die bevestigd is aan een polair gedeelte (hydrofiele kop). Bijgevolg verloopt de waswerking van synthetische detergenten analoog met die van de traditionele zeep (zie Figuur 7). Het polaire gedeelte van het detergent is niet langer een  $\text{COO}^-$ -groep, maar een  $\text{RSO}_3^-$ - of  $\text{RSO}_4^-$ -groep. Twee veel voorkomende detergenten worden weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Synthetische detergenten: a) natriumdodecylsulfonaat b) natriumdodecylsulfaat

# ZEEP EN PERSOONLIJKE HYGIENE DOOR DE JAREN HEEN

Hygiëne is erg belangrijk, daar is iedereen van overtuigd. Bij gebrek aan hygiëne krijgen virussen en bacteriën vrij spel en veroorzaken ze tal van ziekten. Om dat te voorkomen worden dagelijks heel wat reinigingsmiddelen, zoals zepen en detergenten, gebruikt.

Zeep is echter niet altijd voorhanden geweest. De ontdekking van zeep en de evolutie naar persoonlijke hygiëne is van ongelooflijk belang in de menselijke geschiedenis. Hieronder volgt een kort historisch overzicht.

## 1 Oudheid

Miljoenen jaren geleden, vóór het ontstaan van de mens, bestond er al enige vorm van hygiëne. Het is niet enkel de mens die zich schoonmaakt, ook tal van dieren doen dit: katten likken zich, kippen rollen in het zand, ... .

Ook de oermens maakte zich schoon, weliswaar tot op een bepaald niveau. Hij vestigde zich nabij water en ontdekte snel de reinigende werking ervan, al was het maar om modder van handen en aangezicht te spoelen. Over hygiëne of zeep kon echter niet gesproken worden.

Het is moeilijk te zeggen wanneer zeep voor het eerst gekend was. Het eerste bewijs van een zeepachtig materiaal werd gevonden op een *Babylonische kleien kruik* uit 2800 jaar voor onze tijdrekening. Op de kruik staan instructies om vet te koken samen met assen, wat de eerste techniek voorstelt voor het vervaardigen van zeep. Er werd echter geen vermelding terug gevonden over de reinigende werking van het product of waarvoor het gebruikt werd.

*Sumerische kleitabletten*, gevonden in het huidige Irak en daterend van 2500 voor Christus, maken melding van een reinigende substantie gebruikt voor het wassen van wol. Een andere Sumerische kleitablet van 2200 voor Christus beschrijft een proces om zeep te maken uitgaande van alkali, water en kassieboomolie. Of het ook gebruikt werd om zich te wassen is niet duidelijk.

Omstreeks 1500 voor Christus gebruikten de Egyptenaren vetten en oliën samen met alkalische zouten om zo een zeepachtige substantie te bekomen. Dat staat beschreven op de *Ebers Papyrus*. Dat medisch document wijst erop dat deze zeepachtige substantie gebruikt werd om huidziekten te behandelen en ook voor de persoonlijke hygiëne. Uit hiërogliefen is ook gebleken dat de Egyptenaren baadden.

Ook de *Feniciërs* kenden rond 600 voor Christus het gebruik van zeep. Zij bereidden er, net zoals de Sumerianen en de Egyptenaren, wol mee voor om het daarna te kunnen kleuren. Wol wordt namelijk beschermd door een vetlaag (lanoline = wolvet) die eerst verwijderd moet worden alvorens het te kunnen kleuren.

## 2 Grieken en Romeinen

De Oude Grieken wisten zich wel, maar gebruikten daarvoor geen zeep. Ze wreven zich in met olijfolie en zand of puimsteen, schrobden stevig en schraapten de olie en het vuil van zich af. Daarvoor gebruikten ze een metalen voorwerp dat de *'strigilis'* werd genoemd. Daarna wreven ze zich in met kruidenmengsels. Het baden zelf gebeurde eerder om esthetische redenen dan om zich te reinigen.

Zoals blijkt uit de *Odyssee* van Homeros (800 voor Christus) wisten ze ook hun kleren, maar gewoon in water, zonder zeep. Als reinigingsmiddel werd soms klei of oude urine gebruikt. Waarschijnlijk ontdekte een moeder dat de met urine besmeurde kledij van haar baby schoner werd als deze na enkele dagen gewassen werd.

De Romeinen zijn gekend om hun luxueuze badhuizen (thermen), die voor het eerst omstreeks 312 voor Christus gebouwd werden. Er waren zowel warme als koude kamers en kamers met middelmatige temperatuur waar werd gegeten en gedronken. De bekende aquaducten voorzagen deze badhuizen van water. Ook al was baden erg populair, de eerste Romeinen wisten zich nog op dezelfde manier als de Oude Grieken, met olie en de *'strigilis'*.

De eerste vermelding van zeep werd gevonden in een geschrift van de Romeinse historicus en wetenschappelijk encyclopedist Gaius Plinius Secundus (23-79 na Christus), ook wel *Plinius de Oudere* genoemd. Hij beschreef hoe de Kelten uit het oude Gallië een product maakten, vertrekkend van geitenvet en assen van de beuk. De zeep die ze zo vervaardigden, werd niet gebruikt om zich te wassen, maar om in het haar te smeren. Het haar werd stijver en kreeg een rode kleur.

De alkali afkomstig van de assen zorgde namelijk voor een beperkte ontkleuring (bleken) van het haar. Plinius de Oudere beschreef ook hoe het toevoegen van zout de substantie harder maakte.

Ook de Romeinse vrouwen kenden dit gebruik (terwijl bij de Kelten het voornamelijk de mannen waren die hun haar kleurden).

Later ontdekten de Romeinen de reinigende werking van deze substantie die *'sapo'* werd genoemd. Het Latijnse woord *'sapo'*, waarvan het Franse *'savon'*, het Nederlandse *'zeep'* en het Engelse *'soap'* zijn afgeleid, betekent oorspronkelijk "een mengsel van geitenvet en assen van de beuk om het haar te ontkleuren". Het is echter niet duidelijk of de Romeinen de kennis opdeden van de Kelten, de Kelten van de Romeinen of dat ze het onafhankelijk van elkaar ontdekten.

Een Romeinse legende vertelt alleszins het verhaal van de heuvel Sapo of Sappo nabij Rome waarvan het Latijnse woord voor zeep afkomstig is. Boven op de berg stond een tempel van Athena waar dieren geofferd werden. Regen spoelde het gesmolten vet samen met de assen van het offervuur in de Tiber. Daar kwam het mengsel in de kleibanken van de rivier terecht. De vrouwen, die de was deden aan de voet van de berg, ontdekten snel dat het kleimengsel de was properder maakte. Louter op chemische gronden kan deze legende in twijfel getrokken worden. Om zeep te kunnen bereiden is er namelijk een concentratie nodig aan alkali uit houtassen en geen verdunning, zoals hier het geval is wanneer de assen in de rivier terechtkwamen.

In de 2<sup>e</sup> eeuw na Christus werd het wassen van het lichaam met zeep om gezondheidsredenen aangeraden door de Griekse *arts Galen*. Ook hij beschreef *'sapo'* als een mengsel van geitenvet en beukassen. In het begin werd zeep voornamelijk gebruikt voor het wassen van kledij, later werd zeep ook gebruikt voor het wassen van het lichaam (in de badhuizen).

Het Romeinse Rijk beschikte niet over communicatiemiddelen zoals die vandaag gekend zijn. Het gebruik en kennis van alledaagse dingen kunnen verschillen van plaats tot plaats. Zo is het perfect

mogelijk dat zeep gekend en gebruikt werd in de grote steden, terwijl in de kleine dorpen nog steeds de methode van olie en strigilis van toepassing was. Bij opgravingen in Pompeii werd alleszins een volledige *zeepfabriek* blootgelegd.

Het is van ondergeschikt belang of het gebruik van zeep al dan niet doorgedrongen was in het Romeinse Rijk. Belangrijk is dat de Romeinen zich op regelmatige basis wasten en waarde hechtten aan persoonlijke hygiëne.

### 3 Middeleeuwen

Na de val van het West-Romeinse rijk in 476 na Christus kwam het zeepgebruik in Europa in verval. De meeste mensen leefden in 'smerige' omstandigheden en wasten zich weinig.

In het Byzantijnse Rijk (de overblijfselen van het Romeinse Rijk) daarentegen en in de snel expanderende Arabische wereld werd wel volop zeep gemaakt en gebruikt. In Japan was baden een dagelijks gewoonte en ook in IJsland werd er regelmatig gebaad in warmwaterbronnen.

In het middeleeuwse Europa waren *publieke badhuizen* erg populair. In Parijs bijvoorbeeld liepen 'roepers' door de straten om te verkondigen wanneer het water warm was. Het baden was echter veeleer een sociale gelegenheid, inclusief de nodige spijzen en entertainment, eerder dan om zich te reinigen.

Dit tot groot ongenoegen van 'de Kerk', die het baden als zonde bestempelde. Baden was niet enkel een zonde, stelden ze, maar stelde tevens het lichaam open voor de pest en andere ziekten. Dokters geloofden dat een dikke laag vuil op het lichaam als bescherm laag diende tegen ziekten.

Door religieuze overtuigingen en heel wat misvattingen omtrent het baden en het wassen, kwam hygiëne zo in verval terecht. Steden werden gebouwd zonder watervoorziening en zonder enig systeem om afval te verwijderen. Deze levensomstandigheden en het gebrek aan persoonlijke hygiëne hebben dan ook sterk bijgedragen tot de grote plagen en de Zwarte Dood in de 14<sup>e</sup> eeuw.

Later werd baden zelf minder populair en werden badhuizen zelfs gesloten, omdat men ervan overtuigd was dat baden het verspreiden van de pest in de hand zou werken.

Het was echter niet omdat mensen zich weinig wasten, dat de kennis van zeep niet bestond in het middeleeuwse Europa. In de 8<sup>e</sup> eeuw na Christus bijvoorbeeld kende Italië al opnieuw het vervaardigen van zeep uit dierlijk vet en assen van planten. Er ontstonden zelfs *zeepmakersgilden* om hun vakmanschap te beschermen.

In diezelfde eeuw veroverden de Islamitische Moren (het hedendaagse) Spanje. De Arabische wereld kende het gebruik van zeep en hun Islamitisch geloof legde een regelmatige reiniging op. Zij introduceerden de kunst van de zeepbereiding (uit dierlijk vet en plantaardige assen) op het Pyreneese schiereiland, wat ook hier leidde tot het ontstaan van zeepmakersgilden.

In de 13<sup>e</sup> eeuw kwam zeep vanuit Italië in Frankrijk terecht. In het zuiden van Frankrijk werd een methode ontwikkeld om zeep te produceren uit de voor hen overvloedig beschikbare olijfolie. Deze zeep bleek van veel hogere kwaliteit dan deze uit dierlijk vet. Bovendien was ze veel zachter voor de huid. Marseille, met haar haven, groeide uit tot het eerste Europese zeepcentrum. De Fransen introduceerden het gebruik van zeep in Engeland in de 14<sup>e</sup> eeuw. Ook in Spanje en Italië werd de zeep van hoge kwaliteit uit *plantaardige oliën* ontdekt.

Deze zuiderse landen waren de eerste zeepproducerende landen. Ze hadden namelijk makkelijk toegang tot de grondstoffen om zeep te maken: olie uit olijven en assen van de Barilla plant, waarmee

ze loog maakten (olie en loog vormen zeep). Zo kwam er een levendige handel in de zuiderse zeepen op gang. De meer noordelijke gebieden gebruikten langer de dierlijke vetten voor de productie van zeep.

In Italië werden Genua, Bari en Venetië belangrijke zeepcentra. In Castilla (Spanje) werd de beroemde 'Castille zeep' geproduceerd uit olijfolie. Omwille van haar hoge kwaliteit werd ze uitgevoerd naar Engeland waar ze bekend werd als de "Koningin der Zeepen". Terwijl het noorden van Frankrijk zelfs zeep uit visolie begon te bereiden, groeide Marseille met zijn 'Marseille zeep' uit tot de marktleider in zeep. De zeep van slechte kwaliteit (uit dierlijk vet) werd voornamelijk gebruikt voor kledij, de zeep van hoge kwaliteit (uit olijfolie) voor het lichaam.

Ook al werd redelijk wat zeep geproduceerd, toch was zeep niet zomaar voor iedereen voorhanden. Zeep werd voornamelijk gebruikt als *wasmiddel voor kledij*. Van een dagelijkse of zelfs een wekelijkse reiniging van het lichaam was geen sprake.

De vieze geurtjes werden gewoon geaccepteerd; men geloofde nog steeds dat baden een zonde was en dat vuil zou beschermen tegen ziektes. Het was dan ook niet ongevoel om maanden te wachten om zich te wassen. Dat gebrek aan hygiëne speelde dan ook een grote rol in de Zwarte Dood die het leven kostte aan ruim 25 miljoen Europeanen.

## 4 Nieuwe tijd

### 4.1 Europa

Op het einde van de 15<sup>e</sup> eeuw was de *zeepindustrie* in Europa in volle bloei.

Dankzij de ontdekkingsreizen werden plantaardige oliën ook voor de meer noordelijke landen beschikbaar. Engeland importeerde palmpitolie en kokosolie uit zijn talloze kolonies. Zo werden de zeehavens Bristol en Londen de eerste Britse zeepcentra. De zeepindustrie ging zo goed in Engeland dat zeepmakers zelfs speciale privileges kregen. King James I bijvoorbeeld gaf in 1622 voor £100.000 per jaar het monopolie aan een zeepmaker in Londen, waardoor later de handel in Bristol ten onder ging.

De Marseille en Castille zeep bleven echter marktleider (en worden zelfs nu nog volop geproduceerd).

Ondanks de bloeiende zeepindustrie is er op het vlak van persoonlijke hygiëne niet veel vooruitgang. Het dragen van vuile kledij of zich niet van kop tot teen wassen (natuurlijk waste men wel vaker gezicht of handen), werd nog steeds niet als abnormaal of ongezond gezien. Bovendien bleef baden een zonde.

Dat betekende niet dat zeep niet gebruikt werd: in de 17<sup>e</sup> en 18<sup>e</sup> eeuw was zeep een waardevol product voornamelijk als wasmiddel voor kledij.

De 'gewone volk' accepteerde de geurtjes; de rijken daarentegen maskeerden de geurtjes met allerlei welgeurende balsems en parfums. Koningin Elizabeth (1533-1603) bijvoorbeeld zou zich slechts om de drie maanden gewassen hebben. Ook Lodewijk XIV (1638-1715), de Franse Zonnekoning, was bekend om zijn welriekende parfums om de vieze geurtjes te verdoezelen.

*Deze misvattingen omtrent hygiëne hielden stand tot ver in de 18<sup>e</sup> eeuw.*



## 4.2 De nieuwe wereld: Amerika

De eerste Engelse kolonisten van de nieuwe wereld namen zeep met zich mee in kisten van wel veertig liter. Stukken zeep bestonden toen namelijk niet: zeep werd bereid in een ton of kist waarvan men telkens de nodige hoeveelheid afsneed.

In het begin werd zeep geïmporteerd uit Europa. Het duurde echter niet lang voordat de kolonisten zelf zeep begonnen te bereiden, in plaats van hun (weinig) geld te verspillen aan ingevoerde zeep. Zeep werd aanvankelijk thuis gemaakt door houtassen te koken samen met dierlijk vet. Dat gebeurde gewoonlijk één tot twee maal per jaar. In de herfst werden de dieren geslacht; het resulterende vet werd gebruikt voor de zeepbereiding. In de lente maakte men zeep uit de opgespaarde assen van de winter en het overblijvende vet van het koken.

*Zeepbereiding was één van de moeilijkste huishoudtaken van de vrouw.*

Vet (verkregen uit geslachte dieren) werd lange tijd opgespaard en moest eerst opgezuiverd worden. Dat deed men door het vet te koken in water, zodat vleesresten en andere onzuiverheden loskomen van het ondertussen gesmolten vet. Na afkoeling dreef het gestolde, gezuiverde vet boven op het water, terwijl de zwaardere onzuiverheden zich onderaan bevonden. Omwille van de sterke geur gebeurde dit steeds buitenshuis.

Loog, de andere basisgrondstof in de zeepbereiding, is een basische oplossing van kaliumcarbonaat dat gewonnen werd uit assen van hout. Loog werd bereid door water over een soort filter met assen te gieten: de assen werden in een bodemloze ton op een stenen tafel geplaatst, water werd in de ton gegoten en na een tijdje liep de ontstane loog langs een klein kanaaltje in de stenen tafel in een emmer, boven op de stenen tafel werden takjes en stro gelegd waarop de assen kwamen, zodat de assen niet in de loog terechtkwamen.

De grote moeilijkheid was de concentratie van de loog. Om de juiste sterkte te bepalen lieten de kolonisten een aardappel of een ei in de loog drijven (hoe meer het voorwerp boven dreef, hoe sterker de loog). De loog kon verdund worden door extra water toe te voegen of versterkt worden door deze op te koken (water laten verdampen) of door deze nogmaals over assen te gieten.

Zeep bekwam men dus door de juiste hoeveelheid loog en vet te koken totdat de zeep gevormd werd. Na enkele weken rijpen werd hopelijk een bruikbare hoeveelheid zeep bekomen.

Bepaling van de juiste hoeveelheden reagentia was niet eenvoudig. Het gebeurde dan ook regelmatig dat het hele procédé mislukte. Omdat de wetenschappelijke kennis ontbrak, werd het slagen of mislukken toegeschreven aan de stand van de maan, enkel in één richting roeren, ... louter bijgeloof dus.

Zeep uit loog van kaliumcarbonaat is vloeibaar; toevoegen van keukenzout maakt zeep harder. Zout was echter een duur product, en omdat zachte zeep even goed werkt als harde zeep, werd zout voornamelijk gebruikt voor het bewaren van voedsel.

In de 17<sup>e</sup> eeuw kwam de *eerste handel* in zeep op gang. Zeepmakers kochten assen en dierlijk vet uit de huishoudens op en maakten zelf zeep, die ze dan verkochten via reizende verkopers. De zeep werd van grote blokken afgesneden en per gewicht verkocht. Omdat zowel zeep als kaarsen uit hetzelfde vet werden gemaakt, werden beide ambachten vaak gecombineerd. Zij werden 'Chandlers' genoemd.

Vaak werd wintergroenolie, lavendel of karwij toegevoegd als geurstof. Om de zeep beter te kunnen verhandelen en vervoeren, werd ze harder gemaakt door zout toe te voegen.

Aan de basisgrondstoffen van zeep (vet/olie en loog) was geen gebrek in de kolonies van de nieuwe wereld. Loog, zoals eerder gesteld, is een geconcentreerde oplossing van kaliumcarbonaat, dat uit hout gewonnen werd. Uit 100 kg hout werd echter slechts enkele honderden gram gewonnen. In de 18<sup>e</sup> eeuw werd kaliumcarbonaat dan ook een waardevol exportproduct voor de bosrijke nieuwe wereld.

De assen werden van huis tot huis opgehaald en kaliumcarbonaat werd bereid. Er werd zelfs hout gekapt enkel en alleen voor de productie van kaliumcarbonaat.

Kaliumcarbonaat is wat overblijft van de loog nadat al het water verdampt is. Het werd opgezuiverd door het te bakken in een oven, totdat alle organische onzuiverheden verbrand waren. Het resultaat is een wit poeder. Eerst het onzuivere, later het zuivere kaliumcarbonaat, werd één van de weinige waardevolle producten die de kolonies rechtstreeks konden verhandelen met Engeland. De meeste producten die de nieuwe wereld uitvoerde, werden eerst in andere Britse kolonies geruild tot een tweede product dat vervolgens verhandeld werd met Engeland: het zogenoemde triangulair handelssysteem. Kaliumcarbonaat was zo waardevol dat het verboden was voor de kolonies om het buiten het Britse Rijk uit te voeren.

## 5 Industriële revolutie (1770-1870)

Kennis van de wetenschap groeide, bacteriën en ziektekiemen werden ontdekt, het belang van hygiëne en reiniging werd langzaam duidelijk. De bevolking kende zowel in Europa als in de nieuwe wereld een grote groei. Nog steeds trokken handelaars met paard en kar langs de huizen om de assen op te halen. Hout werd echter schaars en het verkrijgen van alkalihoudende grondstoffen voor zeep (en glas) vormden een probleem.

Het grote keerpunt was de ontdekking van de Fransman Nicolas Leblanc. Naar aanleiding van een wedstrijd uitgeschreven door de Franse "Académie des Sciences" in 1775 over een goedkope bereiding van alkalische soda, ontwikkelde *Nicolas Leblanc* in 1789 het naar hem genoemde proces om soda te bereiden uitgaande van keuzenzout (door het uitbreken van de Franse Revolutie heeft hij echter zijn prijs nooit in ontvangst kunnen nemen). In 1791 ontving hij zijn patent en nog datzelfde jaar werd de eerste fabriek opgericht.

De grondstoffen voor de sodabereiding (zout, steenkool, kalksteen en zwavelzuur) waren gemakkelijk voor handen. De zwavelzuurbereiding gebeurde volgens het loden-kamerproces, het oudste chemische proces op industriële schaal. Het Leblanc-proces is het tweede oudste. Naast de beschikbaarheid van de grondstoffen, was de uitrusting makkelijk te ontwerpen en goedkoop te bouwen. Het proces vertoonde echter wel de typische nadelen van de eerste chemische industrie: het was een discontinu proces dat inefficiënt was t.o.v. de grondstoffen, het was erg arbeidsintensief en had veel pollutie tot gevolg.

Het proces kende een enorm succes tijdens de 19<sup>e</sup> eeuw, zodat goedkope soda ter beschikking kwam. Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) werd omgezet naar NaOH, dat gebruikt werd in de zeepbereiding. Natriumhydroxide geeft in tegenstelling tot het eerder gebruikte loog van kaliumcarbonaat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) een vaste zeep.

Men moest niet langer zou toevoegen om harde zeep te bekomen. Daarnaast moesten ook niet langer bossen gekapt worden voor de winning van alkali.

Dankzij het Leblanc-proces was er aan soda geen tekort, maar de andere grondstof in de zeepbereiding kende, door de op gang gekomen massaproductie van zeep, snel een tekort. Dat loste men op door in Afrika, Azië en Amerika enorme plantages op te zetten, waardoor zelfs ook andere oliën zoals kokosolie, palmolie, sojaolie en sesamolie beschikbaar werden.

Drie factoren leidden dus tot een *enorme vooruitgang op het vlak van persoonlijke hygiëne*.

Door de ontdekking van bacteriën en ziektekiemen groeide de bewustwording. Ten tweede ontstond er massaproductie van zeep door de overvloed aan grondstoffen uit de overzeese plantages en de goedkope soda uit het Leblanc-proces. Ten derde begonnen mensen over stromend water te beschikken door de aanleg van waterleidingen.

Daar waar zeep tot de 18<sup>e</sup> eeuw vooral een luxeproduct was, werd het dankzij de *massaproductie* toegankelijker voor iedereen. De overheid inde echter zware belastingen op zeep. Het is pas door de afschaffing van de Engelse belastingen op zeep in 1853 dat zeep werkelijk voor iedereen beschikbaar werd. Het zeepverbruik in Duitsland steeg met een factor 10 tussen 1830 en 1900. In Engeland steeg het zeepverbruik per hoofd met een factor 4.

In deze periode zijn er nog enkele mijlpalen in de geschiedenis van zeep op te tekenen.

In 1800 ontdekte de Fransman *Michel Chevreul* de chemie achter de zeepbereiding. Hij legde het verband tussen vet, glycerine en vetzuren: vetten en oliën zijn esters van vetzuren en glycerine. Tijdens de verzeeping breken de esterverbindingen en komen de zouten van vetzuren en glycerine vrij. De vetzuren vormen zouten dankzij NaOH of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Het verzeepingsgetal werd voor het eerst vernoemd: de hoeveelheid alkali (NaOH of KOH) nodig om een bepaalde hoeveelheid olie of vet te verzeepen.

In de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw ontwikkelde de Belg *Ernest Solvay* het ammoniak-soda-proces, ook wel het Solvay-proces genoemd. Net als bij het Leblanc-proces werd keukenzout (NaCl) gebruikt in de productie van soda. Het Solvay-proces was het eerste continue proces van de chemische nijverheid. Het was relatief economisch t.o.v. de grondstoffen en weinig arbeidsintensief. In 1863 werd de eerste fabriek gebouwd. Twintig jaar later stonden er fabrieken in Frankrijk, Engeland, Duitsland, de Verenigde Staten en Rusland. In 1886 had het Solvay-proces het Leblanc-proces geëvenaard met een jaarlijkse productie van 400.000 ton soda.

Dankzij de invoering van het Leblanc- en het Solvay-proces werden grote hoeveelheden soda en NaOH goedkoop beschikbaar, waardoor het zeepverbruik opnieuw een enorme toename kende. Ook andere levensgewoonten werden in de 19<sup>e</sup> eeuw hierdoor sterk beïnvloed. De productie van glas werd veel goedkoper: vensters waren niet langer een luxeproduct en de houten en tinnen potten werden vervangen door glazen flessen. Ook papier, dat traditioneel uit vodden gemaakt werd, verspreidde zich massaal dankzij de goedkope NaOH. Vanaf 1870 werd papier bereid uit cellulosepulp, bekomen uit hout behandeld met NaOH.

Ook de bevindingen van Chevreul hadden hun gevolgen. Glycerine is een bijproduct in de bereiding van natuurlijke zeep. Omwille van zijn vochtregulerende werking werd het gescheiden van zeep en gebruikt in talrijke cosmeticaproducten. In de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw werd een andere toepassing van glycerine gevonden. Door reactie met zwavel- en salpeterzuur kon nitroglycerine verkregen worden, beter gekend als dynamiet.

*Zeepbereiding was één van de eerste chemische processen* en was een drijvende kracht tijdens de industriële revolutie. Vele chemische bedrijven zijn dan ook begonnen in de zeepindustrie.

Colgate bijvoorbeeld werd opgericht in 1806 door William Colgate die in New York kaarsen en zeep begon te maken. Een ander bekend voorbeeld is het huidige Procter & Gamble. William Procter kwam uit Engeland om zich in de nieuwe wereld te vestigen als kaarsenmaker. James Gamble emigreerde uit Ierland en werd er zeepmaker. De schoonbroers sloegen de handen in elkaar en in 1837 was Procter & Gamble geboren. Het bedrijf groeide snel uit en is vandaag één van de grootste zeepproducenten van de wereld (Dreft, Dash,...).

## 6 De 20<sup>e</sup> eeuw

De zeepbereiding bleef gedurende lange tijd onveranderd. De noodzaak om zich te reinigen werd erkend en na de opheffing van de zware belastingen op zeep werd het een *alledaags gebruiksproduct*.

Soda was nog steeds in voldoende mate aanwezig dankzij het Leblanc- en het Solvay-proces, maar tijdens de Eerste Wereldoorlog kampte vooral Duitsland met een tekort aan vetten en/of oliën voor de zeepproductie. In 1916 ontwikkelden Duitse wetenschappers een alternatief voor de uit vet/olie gemaakte zeep. Door alifatische alcoholen, gewonnen uit steenkool of petroleum, te laten reageren met zwavelzuur werd een zuur bekomen analoog aan de vetzuren uit natuurlijke vetten en oliën. Na reactie met NaOH ontstond de *eerste synthetische zeep* die detergent werd genoemd.

Naast een reinigingsmiddel dat niet gemaakt werd uit natuurlijke vetten en/of oliën was er ook nood aan een reinigingsmiddel dat gebruikt kon worden in hard water of zelfs in zeewater. Deze watersoorten zijn rijk aan calcium(II)- en magnesium(II)-ionen. Ze vormen onoplosbare clusters met natuurlijke zeep, waardoor het zijn reinigende werking verliest. Synthetische detergenten voorkwamen dit probleem.

In de Verenigde Staten werd in de jaren '30 het eerste detergent bereid. De productie kwam echter pas op gang tijdens de Tweede Wereldoorlog, toen ook zij met een tekort aan natuurlijke vetten en oliën te maken kregen. Bovendien was er, vanuit militair standpunt, nood aan een reinigingsmiddel dat gebruikt kon worden in het koude zeewater. Het synthetische detergent voldeed daar volledig aan.

In het begin werd detergent voornamelijk gebruikt voor de afwas en de reiniging van kledij. In 1946 werd voor het eerst detergent gecombineerd met *fosfaten* die de zeepwerking versterkten (wasversterkers). Detergent werd ook voor andere doeleinden gebruikt en haalde in 1953 de productie van natuurlijke zeep in.

Sindsdien zijn synthetische detergenten, 'zeep zonder zeep', niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Ze worden gebruikt in vloeibare toiletzeep, douchegel, shampoo, waspoeders en geconcentreerde, vloeibare wasmiddelen. Ze worden gebruikt voor de handwas, voor de vaatwasser,...

De fosfaten, die aan de detergenten werden toegevoegd om de zeepwerking te versterken, zijn echter nutriënten die de groei van algen in natuurlijke stromen stimuleren. Het zuurstofgehalte in het oppervlaktewater daalt, met de nodige plant- en vissterfte tot gevolg. Daarom werd vanaf 1970 aangeraden om niet langer fosfaten in wasmiddelen te gebruiken, maar ze te vervangen door de hedendaags gebruikte zeolieten. Dit zijn natuurlijke mineralen die een driedimensionale structuur met poriën hebben. Ze worden in waspoeders gebruikt om het water te ontharden.

De *techniek staat niet stil*. Naast detergenten en wasversterkers bevatten wasmiddelen tegenwoordig ook enzymen, bleekmiddelen en optische witmakers. Enzymen breken eiwitten af die in heel wat etensresten en andere vlekken voor komen. Bleekmiddelen, zoals perboraten, worden toegevoegd om gekleurde vlekken zoals die van thee en koffie oxidatief af te breken (bleken). Optische witmakers zijn fluorescerende stoffen die gebruikt worden bij de witte was. Ze hechten zich aan het oppervlak en zetten het onzichtbare UV-licht om naar het zichtbare spectrum zodat de was witter lijkt.

Tegenwoordig wordt *natuurlijke zeep* nog zeer weinig gebruikt. Bijna alle producten die voor reiniging gebruikt worden, zijn synthetische detergenten. Ze zijn goedkoop te bereiden, kunnen gebruikt worden in hard water, hebben een betere reinigingswerking dan natuurlijke zeep en de natuurlijke oliën kunnen gebruikt worden voor meer hoogstaande toepassingen zoals de in de keuken gebruikte olijfolie. Synthetische detergenten zijn echter geen “natuurlijke” producten. Ook de toegevoegde geurstoffen, bewaarmiddelen, e.d. die in reinigings- en andere cosmeticaproducten gebruikt worden, zijn vaak synthetisch bereid. Allergische reacties zijn vaak het gevolg. Daarom bestaat er de laatste jaren als het ware een renaissance van de natuurlijke zeep. Ze wordt voornamelijk uit olijfolie bereid waarin enkel natuurlijke geurstoffen gebruikt worden. Dankzij de technologische vooruitgang is deze zeep veel zachter voor de huid dan vroeger.

Toch bestrijkt natuurlijke zeep nog steeds slechts enkele percentages van het totale zeepverbruik.

# ALGEMEENHEDEN IN HET CHEMISCH LABO

## 1 Afval

- Te veel afgemeten?
    - NOOIT teruggieten in de oorspronkelijke voorraadfles. Wees dus steeds zuinig.
    - WEL in de afvalfles.
  - Zuren
    - afvalfles zuren
  - Basen
    - afvalfles basen
  - Waterige oplossingen
    - fles afvalwater
  - Gebroken glas
    - glasbak + melden aan de leerkracht
- ⇨ Bij twijfel steeds de leerkracht raadplegen!

## 2 Veel gebruikte labochemicaliën en begrippen

### 2.1 Water

- Leidingwater wordt overvloedig gebruikt bij het schoonmaken.
- Demiwater = gedemineraliseerd water. Dat is water dat door middel van een ionenuitwisselaar ontdaan is van ionen zoals  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , ... . Voor chemische experimenten wordt bij voorkeur steeds demiwater gebruikt.

### 2.2 Courante geconcentreerde chemicaliën

Tabel 1: Courante geconcentreerde chemicaliën

Naam	Formule	Concentratie	Alternatieve notatie of benaming	mm%	Dichtheid (kg/l)
Zwavelzuur	$\text{H}_2\text{SO}_4$	18,0 M	waterstofsulfaat, vitriool	95-97	1,84
Salpeterzuur	$\text{HNO}_3$	15,1 M	waterstofnitraat	68	1,45
Waterstofchloride	$\text{HCl}$	12,1 M	zoutzuur	36,5	1,19
Ammoniak	$\text{NH}_3$ of $\text{NH}_4\text{OH}$	13,4 M	/	25	0,90
Fosforzuur	$\text{H}_3\text{PO}_4$	14,8 M	waterstoffosfaat	85	1,69
Azijnzuur	$\text{CH}_3\text{COOH}$	17,3 M	"HAc"	99	1,06
Natriumhydroxide	$\text{NaOH}$	/	natronloog, bijtende soda	/	/

### 2.3 Kwalitatief en kwantitatief

Kwalitatief verwijst naar de kwaliteit, kwantitatief naar de kwantiteit of hoeveelheid.

Voorbeeld: Bij een analyse van leidingwater geeft kwalitatief onderzoek aan welke ionen aanwezig zijn. Kwantitatief onderzoek bepaalt de hoeveelheid van deze ionen.

## 2.4 Analytisch werken

Bij analytische proeven moet zeer nauwkeurig gewerkt worden. Zo zal bij het maken van een analytische oplossing van een vaste stof, de stof afgewogen worden en volledig overgebracht worden in een maatkolf (zie verder). "Volledig overbrengen" betekent dat het recipiënt, waarin de stof werd afgewogen, 3 maal moet nagespoeld worden om zo te verzekeren dat alle stof werd overgebracht.

## 2.5 Homogeen en heterogeen

Homogeen betekent: allemaal hetzelfde. Bij een homogeen mengsel bevindt alles zich in dezelfde fase. Elk punt in het mengsel heeft dezelfde samenstelling. Het tegenovergestelde van homogeen is heterogeen. Bijv. een suiker- of zoutoplossing is homogeen, indien er zand op de bodem ligt of olie op de oplossing drijft is het heterogeen.

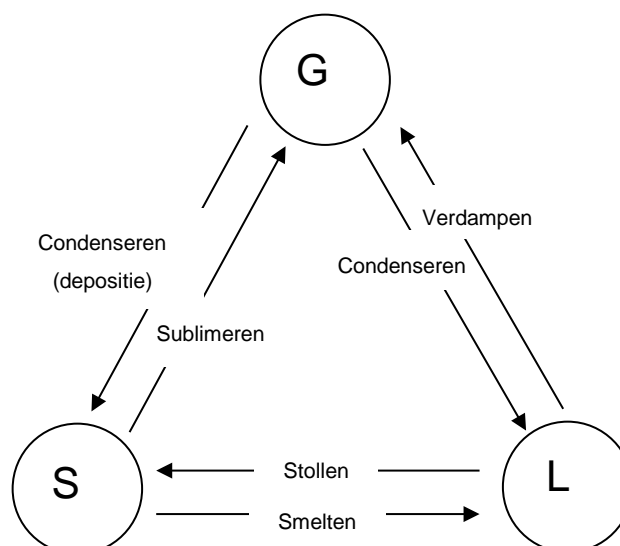
## 2.6 Aggregatietoestand

De aggregatietoestand van een stof is de staat waarin een chemisch zuivere stof zich bevindt. De aggregatietoestanden met hun overeenkomstige notaties zijn:

Tabel 2: Aggregatietoestanden

aggregatietoestand	notatie	opmerking
vast	(s) of (v)	(s)olid of (v)ast
vloeibaar	(l) of (vl)	(l)iquid of (vl)oeibaar
gasvormig	(g)	(g)as

De meeste zuivere stoffen kennen drie aggregatietoestanden. Bij een lage temperatuur vormen ze een vaste stof, bij een hogere temperatuur een vloeistof en bij een nog hogere temperatuur een gas. Zo zijn de 3 aggregatietoestanden van water respectievelijk ijs, water, waterdamp.



Figuur 9: Overgang tussen aggregatietoestanden



De overgang van de ene fase naar de andere heeft steeds een specifieke benaming (zie Figuur 9). Soms kan de vloeibare fase overgeslagen worden. Zowel de overgang gas-vast als gas-vloeistof wordt condenseren genoemd.

## 2.7 Oplossingen/mengsels

Mengsels kunnen in verschillende aggregatietoestanden voorkomen:

- gas-gas: vb. lucht is een mengsel van voornamelijk  $N_2(g)$  en  $O_2(g)$
- vast-vast: vb. legering van  $Cu(v)$  en  $Sn(v)$
- vast-vloeibaar: vb. suiker/zout(v) in water(vl)
- vloeibaar-vloeibaar: vb. alcohol(vl) in water(vl)
- gas-vloeibaar: vb. ammoniak(g) ( $NH_3$ ) in water(vl)

In dit werk worden vooral vloeibare mengsels (oplossingen) besproken. Enkele begrippen in dit verband zijn:

- **Oplosmiddel:** de component van het mengsel die meestal in de grootste hoeveelheid aanwezig is.
- **Opgeloste stof:** de component die opgelost wordt in het oplosmiddel. Sommige componenten zijn in alle verhoudingen mengbaar, zoals de gasmengsels, andere vertonen een beperkte oplosbaarheid.
- **Oplosbaarheid:** de maximale hoeveelheid van de stof die bij een bepaalde temperatuur kan opgelost worden in een welbepaalde hoeveelheid oplosmiddel.
- **Concentratie:** de hoeveelheid van een stof opgelost in een bepaalde hoeveelheid oplossing of oplosmiddel.
- **Verzadigd:** een oplossing die de maximaal oplosbare hoeveelheid aan opgeloste stof bevat. Dat wordt ook wel de maximaal toelaatbare concentratie genoemd.
- **Oververzadigd:** indien meer dan de toelaatbare hoeveelheid opgeloste stof aan de oplossing wordt toegevoegd. Het teveel blijft dan onopgelost.
- **Onverzadigd:** de oplossing bevat minder dan de maximaal toelaatbare concentratie aan opgeloste stof.

Twee of meerdere stoffen zijn des te beter met elkaar mengbaar als ze meer op elkaar gelijken qua aantrekkingskrachten: "*Likes Like Likes*".

- Apolaire stoffen lossen goed op in apolaire oplosmiddelen, vb. olie in ether.
- Polaire stoffen lossen goed op in polaire oplosmiddelen, vb. methanol in water.
- Ionaire stoffen lossen goed op in polaire oplosmiddelen, vb. zout in water.
- Apolaire stoffen lossen niet (goed) op in polaire solventen en omgekeerd, vb. olie lost niet op in water.

## 2.8 Concentraties

Zoals eerder gesteld, is de concentratie van een oplossing de hoeveelheid van de opgeloste stof in een bepaalde hoeveelheid oplossing of oplosmiddel. Afhankelijk van de hoeveelheid opgeloste stof en van de fasen van de opgeloste stof en oplosmiddel worden concentraties op andere manieren uitgedrukt.

**Molaire concentratie = Molariteit:**

Aantal mol van de opgeloste stof per liter oplossing. Eenheid: 1 M = 1 mol/L.

Vb. 6 M (6 mol/L) NaCl-oplossing bevat 6 mol NaCl per liter oplossing, 3 mol NaCl per 0,5 liter, enz.

Voorbeeld 1

1 mol/L NaOH = 1 M NaOH = 40 g NaOH per 1 liter water.

$$\begin{aligned}\text{Molaire massa (MM) van NaOH} &= 1 \cdot \text{MM}(\text{Na}) + 1 \cdot \text{MM}(\text{O}) + 1 \cdot \text{MM}(\text{H}) \\ &= 23 \text{ g/mol} + 16 \text{ g/mol} + 1 \text{ g/mol} \\ &= 40 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

1 mol NaOH bevat dus 40 g NaOH, bijgevolg is 1 mol/L NaOH gelijk aan 40 g NaOH in 1 liter.

Voorbeeld 2

60 g NaNO<sub>2</sub>/100 mL = 8,7 mol/L NaNO<sub>2</sub> = 8,7 M NaNO<sub>2</sub>

$$\begin{aligned}\text{Molaire massa (MM) van NaNO}_2 &= 1 \cdot \text{MM}(\text{Na}) + 1 \cdot \text{MM}(\text{N}) + 2 \cdot \text{MM}(\text{O}) \\ &= 23 \text{ g/mol} + 14 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16 \text{ g/mol} \\ &= 69 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

1 mol NaNO<sub>2</sub> bevat dus 69 g NaNO<sub>2</sub>. Bijgevolg is 60 g NaNO<sub>2</sub> in 100 mL gelijk aan  $\frac{60 \text{ g}}{69 \text{ g/mol}} = 0,8696$  mol per 100 mL. Per liter (1000 mL) is dit 8,696 = 8,7 mol/L NaNO<sub>2</sub>.

Bij het maken van verdunningen kan de concentratie afgeleid worden uit de regel:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2.$$

Voorbeeld 3

Uitgaande van een 1 M NaOH-oplossing willen we 500 mL van een 0,2 M NaOH-oplossing maken.

$$1 \text{ M} \cdot X \text{ mL} = 0,2 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL} \Leftrightarrow X \text{ mL} = \frac{0,2 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL}}{1 \text{ M}} = 100 \text{ mL}$$

100 mL van de 1 M NaOH-oplossing moet dus aangelengd worden tot 500 mL om 500 mL van een 0,2 M NaOH-oplossing te bereiden.

**Massa-volume procent (mV%):**

Aantal gram opgeloste stof per 100 mL oplossing. Dit wordt gebruikt bij vast-vloeistofoplossingen.

Vb. 35 mV% NaCl in H<sub>2</sub>O = 35 g NaCl aangelengd tot 100 ml oplossing.

Bij de notatie van bijv. 35% NaCl-oplossing, wordt eigenlijk 35 mV% NaCl-oplossing bedoeld.

**Volume-volume procent (VV%, %volume of volume%):**

Aantal mL opgeloste stof per 100 mL oplossing. Dit wordt gebruikt voor vloeistof-vloeistof- en gas-gasmengsels.

Vb. pils is 5 VV% alcoholoplossing = 5 mL alcohol (ethanol) per 100 ml bier.

**Massa-massa procent (mm%, ww%, %massa of massa%):**

Aantal gram stof per 100 g oplossing. Dit wordt gebruikt voor vast-vast mengsels en voor vast-vloeistofmengsels.

Vb. 10 mm% suikeroplossing in water: 100 g oplossing bevat 10 g suiker en 90 g water.

## 3 Glaswerk

### 3.1 Voornaamste glaswerk (zie Figuur 10)

#### 3.1.1 Erlenmeyer

Een erlenmeyer is een reactievat met een brede bodem en een smalle hals. Ze komen in verschillende volume-inhouds voor. Dankzij de brede onderkant kan door ronddraaien het mengsel in het vat homogeen (goed gemengd) gehouden worden. Dankzij de smallere bovenkant is de kans op spatten vrij klein, terwijl toch voldoende opening aanwezig is om bijv. de temperatuur te meten, iets toe te voegen, ... .

#### 3.1.2 Maatbeker

Een maatbeker is een reactievat waarvan de bovenkant even breed is als de onderkant. Dit biedt voordelen bij bijv. handmatig roeren, permanente temperatuurmeting, ... . Ook hier kan door ronddraaien het mengsel homogeen gehouden worden. Maatbekers komen in verschillende volume-inhouds voor.

#### 3.1.3 Maatcilinder

Een maatcilinder is een rechtopstaande, gegradueerde (met volumeaanduidingen) cilinder. Deze wordt gebruikt voor het afmeten van niet-analytische volumes, bijv. een overmaat vloeistof, ... . Maatcilinders komen in verschillende volume-inhouds voor.

#### 3.1.4 Maatkolf

Een maatkolf is een kolf met platte bodem en lange smalle hals die één ijkstreep bevat. Maatkolven komen in verschillende volume-inhouds voor. Bij exact aanlengen van vloeistof tot de ijkstreep heeft de maatkolf een grote nauwkeurigheid voor het aangegeven volume bij aangegeven temperatuur (meestal 20 °C). Maatkolven worden gebruikt voor het maken van analytische oplossingen en verdunningen.

#### 3.1.5 Bol- of volpipet

Volpipetten komen in verschillende volume-inhouds voor en hebben telkens slechts 1 afmeetbaar volume (steeds afmeten tot exact aan de maatstreep). Ze worden gebruikt bij het afmeten van een analytische hoeveelheid vloeistof. Dat gebeurt door de vloeistof op te zuigen met behulp van een pipetteerpeer (zie verder). Volpipetten worden ook gebruikt bij het maken van verdunningsreeksen.

### **3.1.6 Gegradueerde pipet**

Met een gegradueerde pipet kunnen variabele volumes afgemeten worden. De nauwkeurigheid is echter beperkt: minder dan een volpipet, maar beter dan een maatcilinder. Gegradueerde pipetten komen in verschillende volume-inhouden voor.

### **3.1.7 Buret**

Een buret is een gegradueerde glazen buis, langs één kant voorzien van een kraan met uitloopstuk. Bureten komen in verschillende groottes voor, hoewel de meest voorkomende 50 mL is. De graduering is 1 mL tussen de grote lijnen. Deze mL-aanduidingen zijn verder onderverdeeld in 10 0,1 mL-aanduidingen. De buret wordt verticaal opgesteld en de hoeveelheid die uit de buret is gelopen, kan bepaald worden door het verschil te maken tussen begin- en eindtoestand.

### **3.1.8 Horlogeglas**

Een horlogeglas is een gekromd glazen schaalje dat o.a. gebruikt wordt bij het afwegen van een vaste stof.

### **3.1.9 Rondbodempkolf/platbodempkolf**

Een rondbodempkolf is een bolvormig reactievat dat voornamelijk gebruikt wordt indien bij het verwarmen geen dampen verloren mogen gaan. Dit is de reden dat de kolf voorzien is van een slijpstuk dat perfect past op o.a. de slijpstukken van koelers. Het reactievat wordt verwarmd door middel van een elektrische verwarmingsmantel. Door zijn ronde vorm wordt het vat optimaal verwarmd. Het vat wordt nooit meer dan voor de helft gevuld.

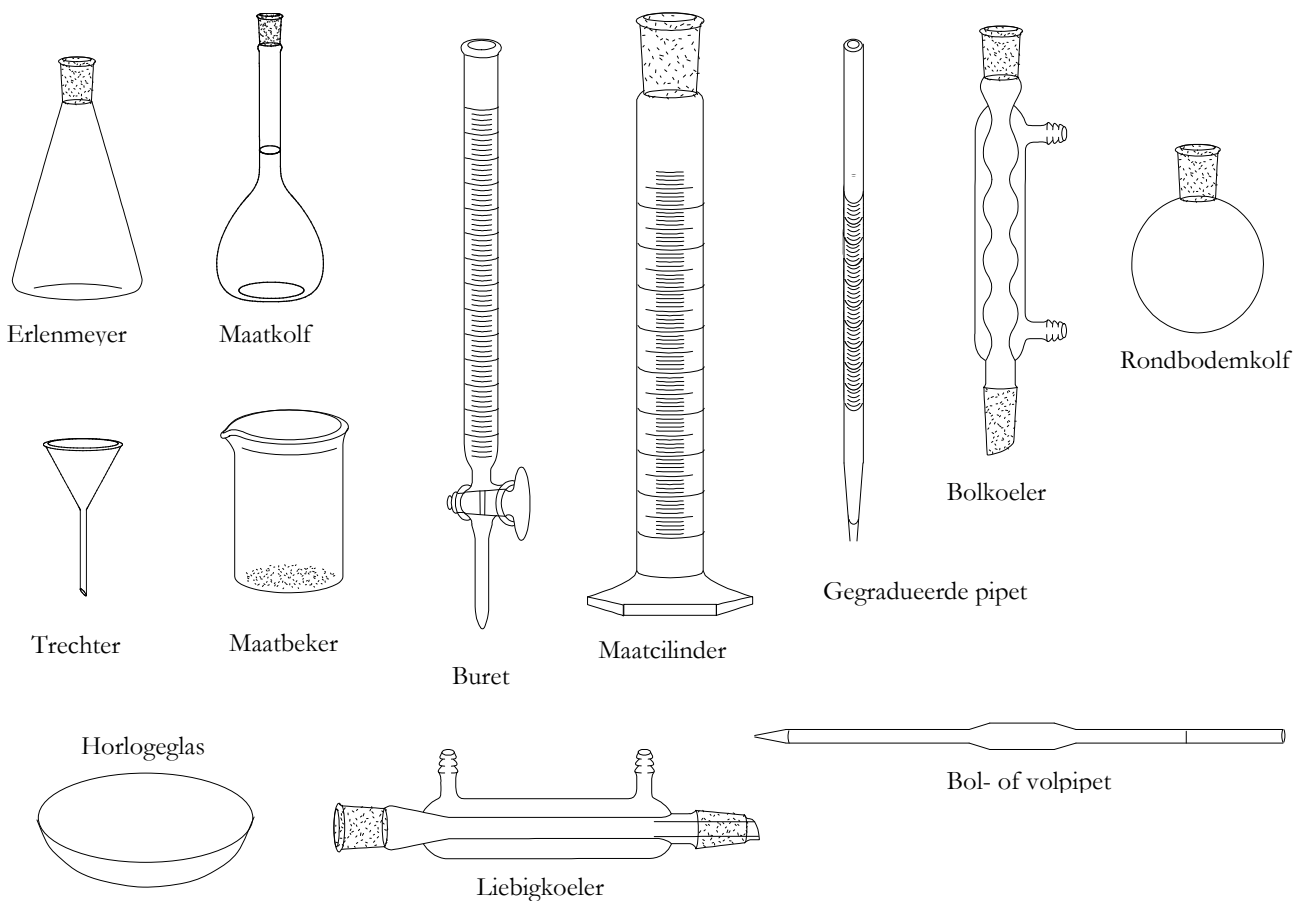
Een alternatief voor een rondbodempkolf is een platbodempkolf. Deze wordt verwarmd m.b.v. een verwarmingsplaat.

### **3.1.10 Liebigkoeler**

Een Liebigkoeler is een glazen buis met daarin een tweede glazen buis. De binnenste buis wordt aan beide kanten voorzien van een slijpstuk zodat geen productdamp verloren gaat. De buitenste buis is voorzien van een toe- en afvoerkanaal voor leidingwater. De dampen komen langs de binnenste buis in de koeler en worden afgekoeld door het water dat door de buitenste buis stroomt. De Liebigkoeler wordt voornamelijk gebruikt bij destillaties.

### **3.1.11 Bolkoeler**

Een bolkoeler werkt volgens hetzelfde principe als een Liebigkoeler. Het enige verschil is dat het binnenste glaswerk geen buis is, maar bestaat uit opeenvolgende glazen bolletjes. Op deze manier is het contactoppervlak met het koelwater groter, met een betere koeling tot gevolg. De bolkoeler wordt voornamelijk gebruikt bij refluxopstellingen (= de dampen koelen af, condenseren en stromen terug naar het reactievat).

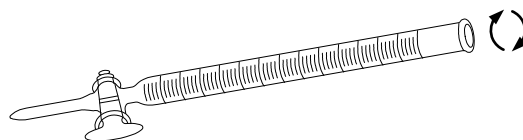


Figuur 10: Voornaamste glaswerk

### 3.2 Glaswerk schoonmaken

Vanzelfsprekend wordt er nooit gewerkt met vuil materiaal. Glaswerk wordt steeds gezuiverd alvorens het te gebruiken. Ook materiaal dat uit de kast komt, wordt steeds gezuiverd. Je weet nooit of de vorige persoon het materiaal al dan niet heeft schoongemaakt zoals het hoort.

Eerst en vooral kan glaswerk, indien nodig, zuiver gemaakt worden met een borstel. Eventueel kan bij hardnekkig vuil warm water en zeep gebruikt worden. In elk geval wordt glaswerk steeds 3 maal met leidingwater en 3 maal met gedemineraliseerd water gespoeld. Met leidingwater mag overvloedig gespoeld worden, met gedemineraliseerd water steeds met kleine hoeveelheden.



Figuur 11: Spoelen buret/pipet

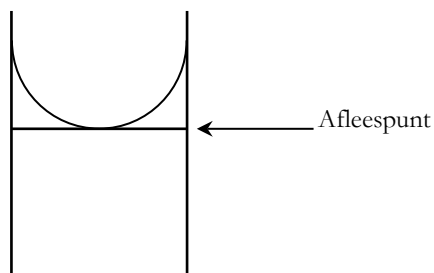
In het geval van pipetten en buretten, wordt er in 3 fasen gespoeld: 3 maal met leidingwater, 3 maal met demiwater en 3 maal met de oplossing die afgemeten moet worden. Deze laatste fase gebeurt vanzelfsprekend ook met kleine hoeveelheden. De kleine hoeveelheid oplossing wordt over gans het

glaswerk verdeeld door de pipet, buret, ... min of meer horizontaal te houden en langzaam rond te draaien. Bij een buret wordt telkens ook het gedeelte onder de kraan gespoeld.

In het geval van erlenmeyers en maatbekers kunnen deze na het spoelen met demiwater uitgedroogd worden. Dat gebeurt door ze te drogen met een Kleenex-doekje. Indien de erlenmeyer e.a. later demiwater of een waterige oplossing zullen bevatten is het overbodig ze uit te drogen na het spoelen met demiwater. Dat geldt eveneens voor maatkolven omdat deze meestal gebruikt worden om verdunningen of oplossingen in water te maken. Spoelen met leidingwater gevolgd door demiwater, elk 3 maal, is voldoende.

### 3.3 Analytisch glaswerk aflezen

In een relatief lange, smalle buis (zoals een pipet, buret en maatkolf) is de bovenkant van een waterachtige oplossing niet vlak, maar lichtjes gebogen. Dat wordt veroorzaakt door de oppervlaktespanning van water en de adhesiekrachten tussen water en glas. Het gebogen oppervlak geeft uiteraard problemen bij het aflezen van een ijkstreep.



*Figuur 12: Aflezing meetapparatuur*

Volgens een algemene afspraak wordt steeds afgelezen aan de onderkant van de meniscus (= het gebogen oppervlak). Bij aflezing bevindt het af te lezen niveau zich steeds op ooghoogte.

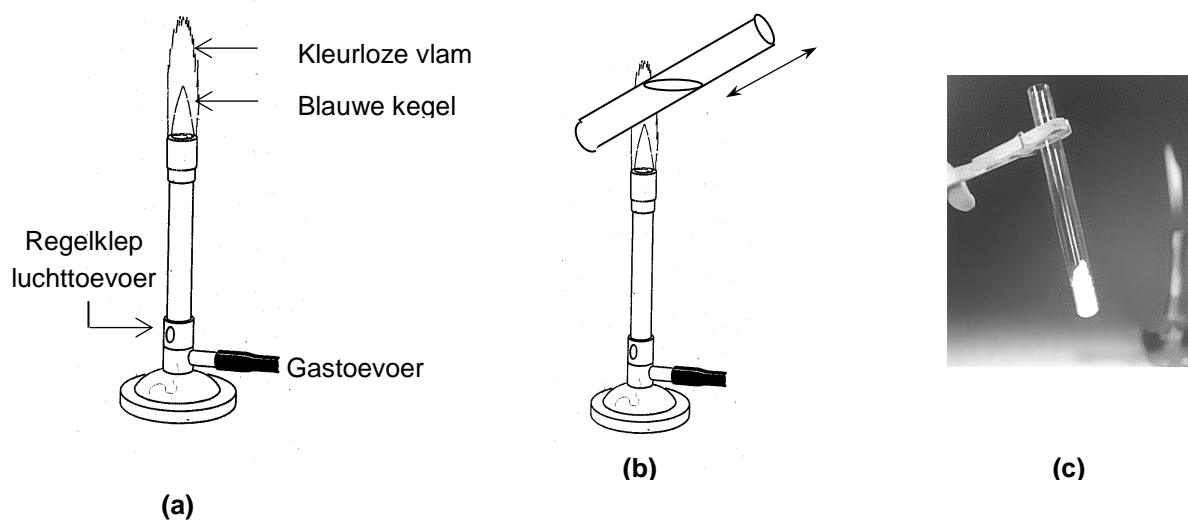
# TECHNIEKEN

## Techniek 1: Verwarmen

Bij het uitvoeren van chemische experimenten moet dikwijls verwarmd worden. Afhankelijk van het recipiënt en product kan dat op verschillende manieren gebeuren. De verschillende verwarmingsmethoden worden in dit hoofdstuk beschreven.

### 1 De bunsenbrander

De bunsenbrander is het klassieke verwarmingsmiddel. Aardgas, dat aan de basis wordt toegevoerd, stroomt opwaarts waarbij lucht via de luchttoevoergaten wordt meegesleurd. De luchttoevoer wordt geregeld door een cilinder met gaatjes (regelklep), die over de gaatjes van de luchttoevoer zit, te roteren. Maximale luchttoevoer wordt bereikt als de gaatjes van de cilinder overeenkomen met die van de brander, minimale luchttoevoer indien de cilinder de gaatjes van de brander bedekt (zie Figuur 13 (a)).



Figuur 13: (a) Bunsenbrander (b) Verwarmen van proefbuizen (c) Houten knijper

De brander wordt als volgt aangestoken: de luchttoevoer wordt minimaal ingesteld, de gaskraan wordt opengedraaid en de brander wordt aangestoken met een lucifer. De vlam is groot en geel bij deze minimale luchttoevoer. Verder opendraaien van de luchttoevoer geeft eerst een blauwe vlam, gevolgd door een hete, kleurloze vlam met aan de basis een lichtblauwe kegel. Het heetste punt van de vlam is net boven deze blauwe kegel. Wanneer de vlam tijdelijk niet gebruikt wordt, wordt de zuurstoftoevoer dichtgedraaid, met een gele, koudere vlam tot gevolg. De brander kan tevens uitgeschakeld worden door de gastoevoer dicht te draaien. Bij het opnieuw aansteken moet de luchttoevoer steeds op minimaal staan. Een te grote luchttoevoer kan de vlam namelijk doven.



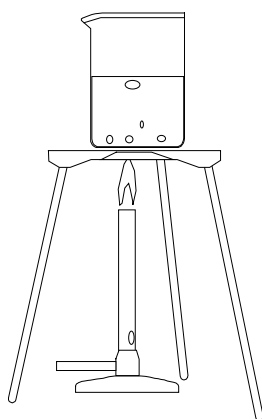
## 2 Verwarmen van proefbuizen

Eerst en vooral wordt de bodem van de proefbuis nooit in de vlam gehouden. Warmteopstapeling kan plotse dampvorming, met het spatten van het product tot gevolg, met zich meebrengen. De opening van de proefbuis wordt bijgevolg ook nooit naar een persoon gericht. Proefbuizen worden verwarmd door ze onder een hoek van 45° heen en weer te bewegen met het onderste gedeelte net boven de blauwe kegel in de heetste vlam. De proefbuis wordt vastgehouden door middel van een houten knijper (zie Figuur 13 (b) en (c)).

## 3 Verwarmen van grotere hoeveelheden

### 3.1 Niet-brandbare producten

Grote hoeveelheden van niet-brandbare producten worden rechtstreeks boven een bunsenbrander verwarmd. De brander wordt op een correcte manier aangestoken. Vervolgens wordt een driepikkel met draadnet boven de brander geschoven. Hierop kan een beker met de te verwarmen vloeistof gebracht worden. Om roetaanslag op het glaswerk te voorkomen, wordt best een draadnet genomen dat voorzien is van gips (een niet doorzichtig draadnet).



*Figuur 14: Verwarmen van grote hoeveelheden niet-brandbaar product*

### 3.2 Brandbare producten

Organische producten worden nooit rechtstreeks boven een vlam verwarmd. Ze zijn vaak brandbaar en kunnen bij te hevig verwarmen ook 'verbranden'. Ze worden bijgevolg verwarmd m.b.v. een warmwaterbad (WWB), verwarmingsplaat of –mantel. De verwarmingsmantel wordt gebruikt voor het verwarmen van de rondbodemkolf. Platbodemkolven worden verwarmd op een verwarmingsplaat.

Om het verbranden van sommige organische producten te vermijden, kan ook bij een verwarmingsplaat een warmwaterbad gebruikt worden. Voor een betere menging kan een roerstaaf gebruikt worden. Deze dient achteraf verwijderd te worden.

## Techniek 2: Pipetteren

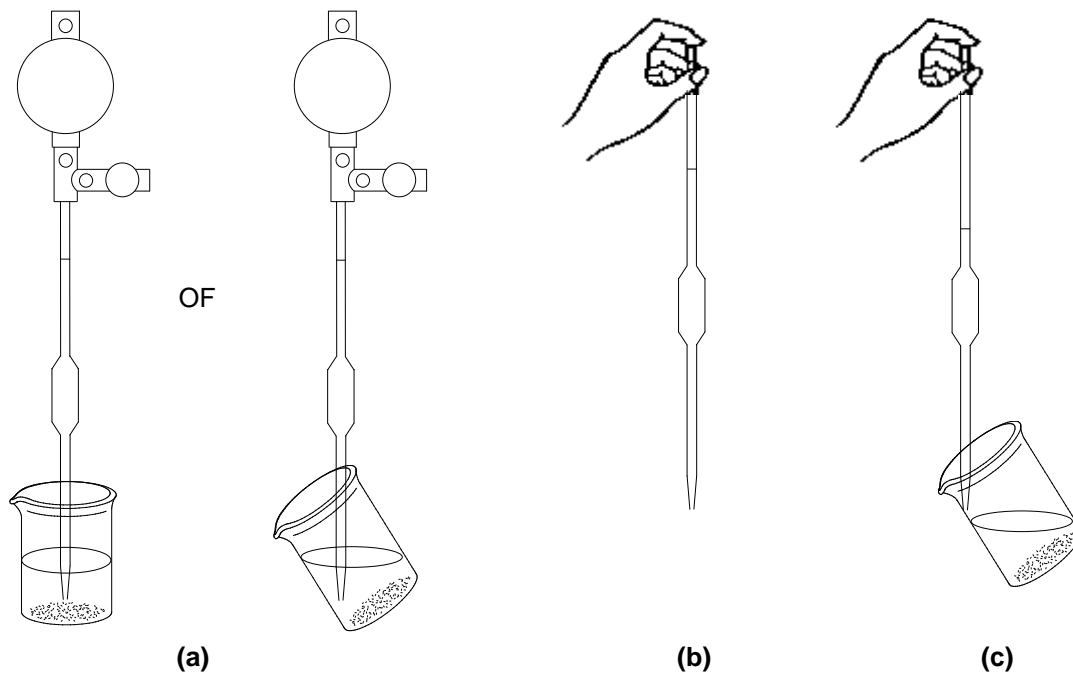
Pipetteren is het afmeten van een bepaald volume vloeistof met een pipet en het overbrengen in een recipiënt (erlenmeyer, maatbeker, maatkolf). De vloeistof wordt in de pipet gebracht door deze op te zuigen met behulp van een pipetteerpeer. Er dient een onderscheid gemaakt te worden tussen pipetteren met een volpipet en met een geïnduceerde pipet.

Onderstaande methode wordt enkel toegepast bij een volpipet (voor analytisch werk).

Alvorens te pipetteren wordt de pipet eerst gereinigd en voorgespoeld: 3 maal met water, 3 maal met demiwater en tenslotte 3 maal met de oplossing.

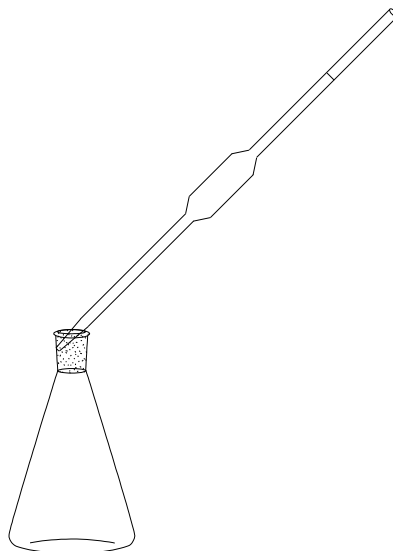
Het pipetteren kan als volgt gebeuren (zie Figuur 15 en 16):

- Plaats de pipetteerpeer op de pipet.
- De pipet wordt met de punt verticaal in de oplossing gebracht. Er wordt nooit rechtstreeks uit de voorraadfles of maatkolf gepipetteerd. Breng steeds een kleine hoeveelheid vloeistof over in een zuivere, droge maatbeker. Vermeld op de maatbeker de aard en eventueel de concentratie van de oplossing/chemisch product.
- De oplossing wordt opgezogen tot ongeveer 2 cm boven de ijkstreep. Let erop dat er zich geen luchtballen in de pipet bevinden. De pipetpunt moet zich bijgevolg steeds in de oplossing bevinden. Daartoe kan het recipiënt met de oplossing onder een hoek van  $45^\circ$  gehouden worden.
- Plaats de pipetpunt op de bodem van het recipiënt met de oplossing en verwijder de pipetteerpeer van de pipet en vervang deze door een droge wijsvinger waarmee je snel de pipet afsluit.
- Droog vervolgens de pipetpunt af met behulp van een (Kleenex-)doekje, zodat er zich geen druppels aan de buitenkant van de pipetpunt bevinden.
- Door de wijsvinger langzaam te bewegen stroomt de vloeistof uit de pipet in de maatbeker totdat de meniscus op de ijkstreep staat.
  - De pipet moet daarbij steeds verticaal gehouden worden teneinde een goede aflezing te verzekeren. Tevens moet de ijkstreep zich op ooghoogte bevinden.
  - De punt van de pipet moet nu UIT de oplossing zijn.
  - Om druppelvorming aan de pipetpunt te voorkomen wordt de pipetpunt tegen de glazen wand van de maatbeker geplaatst die zich onder een hoek van  $45^\circ$  bevindt.



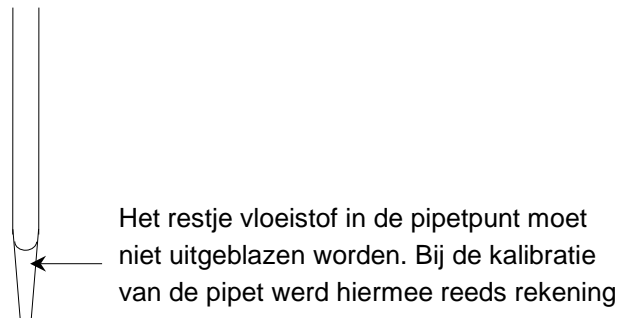
*Figuur 15: Pipetteren (a) Opzuigen van vloeistof (b) Peer vervangen door vinger en pipetpunt afdrogen (c) Te veel aan vloeistof in beker*

- Vervolgens wordt de afgesloten pipet, met inhoud tot aan de ijkstreep, in het propere recipiënt gebracht door de wijsvinger te verwijderen. De pipet wordt daarbij niet verticaal, maar onder een hoek van  $45^\circ$  geplaatst met zijn punt tegen de glazen wand om druppelvorming te voorkomen. Wanneer de pipet is leeggelopen wordt deze nog 5 seconden extra tegen de glazen wand gehouden.



*Figuur 16: Vloeistof uit pipet laten lopen*

- De kleine hoeveelheid vloeistof die zich nog in de pipet bevindt, is meegerekend bij de kalibratie van de pipet en moet niet overgebracht worden. Er wordt dus nooit door de pipet geblazen. De pipet wordt nooit aan de mond geplaatst!

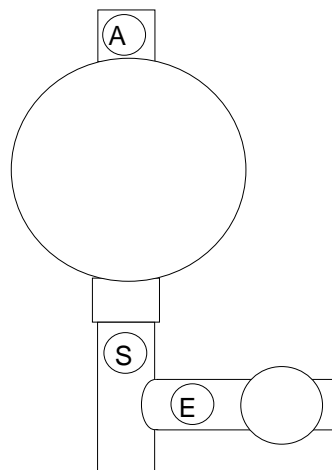


*Figuur 17: Rest vloeistof in pipet*

Voor het gebruik van een niet-gekalibreerde pipet (gegradueerde pipet) is het voldoende de vloeistof op te zuigen met de pipetteerpeer en deze ook te ledigen a.h.v. de pipetteerpeer. De pipet moet vooraf niet voorgespoeld worden.

De pipetteerpeer functioneert als volgt (zie Figuur 18):

- Eerst en vooral wordt de lucht uit de peer verwijderd door tegelijk op A en op de grote ballon te drukken.
- Door op S te drukken wordt vloeistof opgezogen. Wanneer S wordt losgelaten wordt de pipet afgesloten en blijft het opgezogen volume op gelijke hoogte.
- Door op E te drukken, stroomt de vloeistof uit de pipet.



*Figuur 18: Pipetteerpeer*

## Techniek 3: Titreren

### 1 Wat is titreren?

Een titratie heeft meestal tot doel het bepalen van een onbekende concentratie. Daartoe wordt een gekend volume van een oplossing A in een reactievat gebracht. Het vaste volume wordt afgemeten met een volpipet en het reactievat is een erlenmeyer. Aan het vaste volume van oplossing A wordt een variabel volume van een oplossing B toegevoegd met behulp van een buret. Dat laatste is de handeling van het titreren: het geleidelijk toevoegen van een reagens (oplossing B) tot het eindpunt is bereikt.

Bij zuur-basetitraties wordt een zuur geneutraliseerd met een base of omgekeerd. Om het eindpunt van een titratie te bepalen, wordt vaak een indicator gebruikt. Een indicator is een stof die een andere kleur geeft in zuur of basisch midden. Bij de juiste kleuromslag heeft de titratie zijn eindpunt bereikt. Vermits niet alle zuren en basen in hetzelfde pH-gebied geneutraliseerd worden, zijn er verschillende indicatoren die in een verschillend pH-gebied kleuromslag geven. Bij elke titratie moet dus vooreerst een geschikte indicator geselecteerd worden.

Tabel 3: Zuur-base indicatoren

Indicator	Kleuromslaggebied	Zure kleur	Basische kleur
Methyloranje	3,1 - 4,4	Rood	Geel
Methylrood	4,2 - 6,3	Rood	Geel
Fenolrood	6,4 - 8,0	Geel	Rood
Fenolftaleïne	8,0 - 9,6	Kleurloos	Paars

Andere vaak voorkomende titraties zijn redox- of reductie-oxidatietitraties. Hierbij wordt een stof geoxideerd of gereduceerd. Ook hier kan het eindpunt (totale reductie of totale oxidatie) bepaald worden met behulp van een indicator. Deze heeft een andere kleur in zijn geoxideerde vorm dan in zijn gereduceerde vorm.

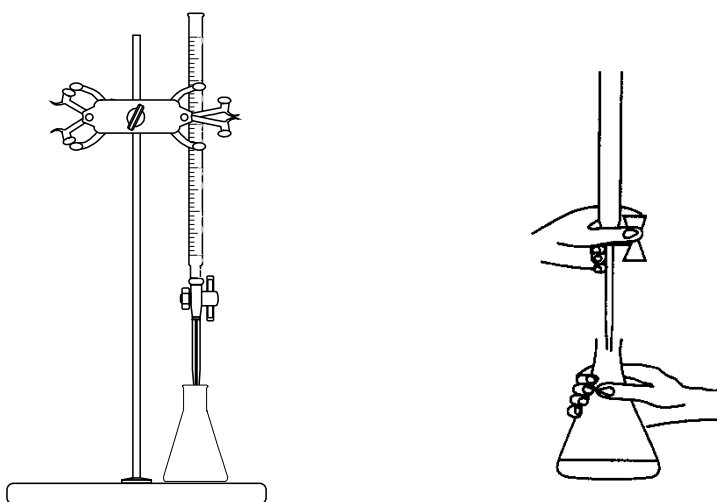
### 2 Hoe titreren?

De buret wordt verticaal opgesteld. Door middel van een noot met klem of buretklem wordt deze aan een statief bevestigd. Alvorens de buret te vullen wordt ze eerst uitgespoeld: 3 maal met water, 3 maal met demiwater en 3 maal met de oplossing. Vervolgens wordt de buret gevuld met behulp van een trechtertje. Daarbij moet op een aantal dingen gelet worden:

- Het kraantje moet gesloten zijn tijdens het vullen van de buret.
- Tijdens het vullen wordt er steeds onder de buret een afvalbeker (niet de beker of erlenmeyer met de te titreren oplossing) geplaatst.
- Het vullen gebeurt geleidelijk. Let erop dat niet te veel oplossing in de trechter wordt gegoten. Als er zich meer vloeistof in de trechter bevindt dan de buret nog bijkomend kan bevatten, loopt de buret over.
- Let erop dat het gedeelte onder de kraan volledig gevuld is. Bij de eerste maal vullen is dat niet het geval. Door het kraantje even open te draaien na het vullen, komt ook hier vloeistof in.
- De buret wordt zo volledig mogelijk gevuld. Dit moet niet noodzakelijk tot de nulstand vermits het bij titraties gaat om volumeverschillen. Wel is het handig een beetje vloeistof uit de buret te laten lopen totdat de meniscus op een afgeronde mL-ijkstreep staat.

- Na het vullen wordt de trechter van de buret gehaald. Indien dit niet gebeurt, kunnen er fouten optreden doordat druppels, die nog aan de trechter hangen, tijdens de titratie in de buret vallen.
- Let erop dat er geen luchtbelllen in de buret aanwezig zijn. Luchtbelllen boven de kraan kunnen verwijderd worden door tegen de kraan te tikken, luchtbelllen onder de kraan door de kraan even open te draaien.

Eenmaal de buret gevuld is, kan het titreren beginnen. Eerst en vooral wordt de begintoestand afgelezen. Vervolgens wordt de vloeistof (oplossing B) geleidelijk toegevoegd aan oplossing A totdat de kleuomslag bereikt is. In het begin van de titratie wordt mL per mL toegevoegd, meer naar het einde toe druppel per druppel (zie verder). Na elke toevoeging moet de oplossing goed gemengd worden. Dat gebeurt door de erlenmeyer horizontaal rond te draaien. Om dit vlot te laten verlopen zijn beide handen nodig tijdens het titreren. De ene om de kraan te bedienen, de andere om de erlenmeyer rond te draaien. Omdat het ronddraaien de meeste kracht vereist, gebeurt dit met de dominante hand. De andere hand bedient de kraan (zie Figuur 19).



*Figuur 19: Titreren*

Vloeistof wordt toegevoegd totdat kleuomslag bereikt wordt. Daarmee wordt bedoeld dat de ganse inhoud van het reactievat een homogene kleur bezit voor minimaal 15 seconden. Gedurende het toevoegen kan er echter een situatie optreden waarbij plaatselijk een verkleuring optreedt, terwijl bij mengen terug de oorspronkelijke kleur verkregen wordt. Dat is vaak een indicatie dat de titratie bijna ten einde is.

Er wordt eerst een brutotitratie uitgevoerd. Hiervoor wordt telkens 1 mL toegevoegd totdat kleuomslag wordt waargenomen. Door de ruwe manier van toevoegen, wordt er te ver getitreerd, maar is wel geweten hoeveel mL ongeveer moet toegevoegd worden.

Eenmaal de hoeveelheid ongeveer gekend is, kan de nettotitratie beginnen. Noteer de beginstand. Opnieuw wordt mL per mL toegevoegd tot ongeveer 1 mL voor kleuomslag. Vanaf nu wordt er druppel per druppel toegevoegd tot de kleuomslag bereikt is. Noteer de eindstand. Door de beginstand van deze eindstand af te trekken, wordt het toegevoegde volume bekomen.

Verder is er nog een belangrijk aandachtspunt: let erop dat de buret tijdig wordt bijgevuld. Indien de vloeistof in de buret onder de maatstreepjes komt, is niet langer geweten hoeveel toegevoegd werd. Noteer wel steeds de buretstand voor en na het bijvullen, zodat je exact weet hoeveel je hebt bijgevuld!

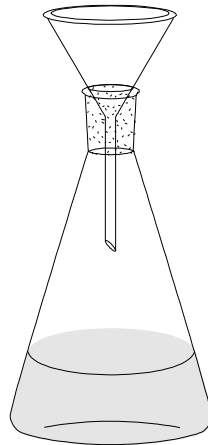
De meeste titraties worden uitgevoerd in waterig milieu. Dat betekent dat toevoegen van demiwater in de erlenmeyer geen invloed heeft. Indien een druppel van het reagens aan de tip van de buret blijft hangen, mag deze dus steeds afgespoeld worden met een weinig demiwater. Spoel ook de binnenkant van de erlenmeyer af vóór de titratie en net voor het eindpunt.

## Techniek 4: Filtratie

Tijdens chemische reacties worden soms vaste deeltjes gevormd die niet oplossen in het vloeibaar reactiemedium. Dat proces, waarbij vaste deeltjes gescheiden worden van een vloeistof, wordt filtratie genoemd. De verschillende filtratiemogelijkheden worden in deze paragraaf beschreven.

### 1 Gewone filtratie

Met gewone filtratie wordt de filtratie bedoeld over een (zelf)gevouwen, konische papierfilter of plooi-filter. De methode is vrij eenvoudig. De filter wordt in een glazen trechter gebracht en op een erlenmeyer geplaatst. De trechter kan ook in een ring gehangen worden die vastgeklemd is aan een statief. Vervolgens wordt de oplossing door de trechter gegoten, waarbij de vaste deeltjes achterblijven op het filtreerpapier. De opstelling wordt getoond in Figuur 20.



*Figuur 20: Koude filtratie onder atmosferische druk*

De poriegrootte en de dikte van het papiertje bepalen de snelheid waarmee de vloeistof doorsijpelt. Vaak zal deze scheiding te traag verlopen en wordt overgegaan tot een filtratie onder verminderde druk. Die techniek wordt beschreven in paragraaf 2.

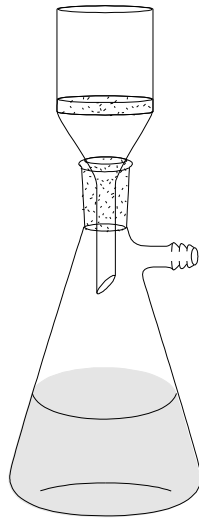
### 2 Vacuümfiltratie

Bij vacuümfiltratie wordt de vloeistof door middel van verminderde druk afgezogen. Daartoe wordt de oplossing op een speciale filter gebracht: de Büchnerfilter. Die porseleinen filter heeft een geperforeerde bodem, waarop eerst een bevochtigd filtreerpapier moet gelegd worden. De diameter van dat filtreerpapier moet iets kleiner zijn dan die van de Büchnertrechter.

Vervolgens wordt de trechter met behulp van een rubberen ring op een afzuigerlenmeyer geplaatst. Deze vastgekleemde erlenmeyer wordt met een vacuümslang aangesloten op een waterstraalpomp, die ervoor zal zorgen dat een verminderde druk ontstaat in de afzuigerlenmeyer.



De waterkraan van de waterstraalpompe mag niet worden dichtgedraaid alvorens de verbinding met de opstelling verbroken is. Zoniet kan water in de opstelling terechtkomen.



*Figuur 21: Koude filtratie met een Büchnerfilter of glasfilter onder verminderde druk (vacuümfiltratie)*

In plaats van een Büchnerfilter kan ook een glasfilter gebruikt worden. Hiervoor is geen filtreerpapiertje nodig.

## Techniek 5: Omkristallisatie

Vaste stoffen die geïsoleerd worden uit een reactiemengsel, bevatten gewoonlijk heel wat onzuiverheden. De voornaamste methode die gebruikt wordt om die stoffen te zuiveren is de omkristallisatie. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van het verschil in oplosbaarheid tussen de hoofdcomponent en de onzuiverheid in een bepaald oplosmiddel en dat in functie van de temperatuur.

In het algemeen zal een stof beter oplossen in een warm dan in een koud oplosmiddel. Om die reden wordt bij de omkristallisatie een warme verzadigde oplossing bereid waaruit, bij het afkoelen, de hoofdcomponent uitkristalliseert. De oplosbaarheid van de onzuiverheid in dat oplosmiddel moet daarbij voldoende groot zijn. Op die manier blijft de onzuiverheid na afkoeling in oplossing.

### 1 Keuze van het oplosmiddel

Een geslaagde omkristallisatie wordt volledig bepaald door de keuze van het juiste oplosmiddel. In wat volgt, wordt een overzicht gegeven van de criteria waaraan het oplosmiddel moet voldoen:

- Na afkoeling moeten de onzuiverheden in oplossing blijven.
- De hoofdcomponent moet goed oplosbaar zijn in het oplosmiddel bij kooktemperatuur, maar weinig oplosbaar bij lage temperatuur. In vaktermen betekent dit dat het solvent een hoge temperatuurscoëfficiënt moet hebben.
- Er mag geen reactie optreden tussen het reactiemengsel en het oplosmiddel.
- Het kookpunt van het oplosmiddel moet aan bepaalde eisen voldoen.
  - Allereerst moet het kookpunt lager liggen dan het smeltpunt van de te zuiveren hoofdcomponent. In uitzonderlijke gevallen kan het voorkomen dat het smeltpunt van de te zuiveren stof lager ligt dan het kookpunt van het oplosmiddel. Hoewel het lijkt dat het product in oplossing is, moet benadrukt worden dat dit niet het geval is: het product is gesmolten en niet omgekristalliseerd!
  - Bovendien moet het kookpunt voldoende laag zijn opdat de gevormde kristallen na filtratie voldoende snel drogen.

Om zeker te zijn dat een bepaald oplosmiddel geschikt is voor de omkristallisatie, worden vaak enkele simpele testjes uitgevoerd. Daartoe wordt een spatelpuntje van de stof samen met enkele druppels van het oplosmiddel in een reageerbuisje gebracht. Als de stof hierin onmiddellijk oplost, is het oplosmiddel ongeschikt. Het is pas nadat het mengsel wordt opgewarmd dat de stof in oplossing mag gaan. Als het product dan ten slotte ook uitkristalliseert bij het afkoelen en de onzuiverheden niet, kan geconcludeerd worden dat het oplosmiddel bruikbaar is voor omkristallisatie.

### 2 Het uitvoeren van de omkristallisatie

Allereerst wordt een minimale hoeveelheid van een geschikt oplosmiddel aan het te zuiveren product toegevoegd. Die hoeveelheid oplosmiddel moet zo gekozen worden dat het product enkel volledig oplost bij het verwarmen van het mengsel. Indien het product na die verwarming niet volledig in oplossing gaat, wordt extra oplosmiddel druppelsgewijs aan het mengsel toegevoegd.

Er moet opgemerkt worden dat bepaalde onzuiverheden eventueel niet zullen oplossen in het oplosmiddel. In dat geval wordt het mengsel warm afgefiltreerd. De vaste onzuiverheden blijven achter op het filtreerpapier. Wanneer alle onzuiverheden oplossen in het oplosmiddel, moet deze warme filtratie niet worden uitgevoerd.

Uiteindelijk wordt de warme, heldere oplossing gekoeld. Wanneer die afkoeling snel gebeurt, vormen zich kleine kristallen. Een trage afkoeling levert grote kristallen op. Vermits kleine kristallen meer onzuiverheden kunnen adsorberen, dient de afkoeling zo traag mogelijk te verlopen.

De snelheid waarmee het product uitkristalliseert, wordt bepaald door de hoeveelheid oplosmiddel die in vorige stap werd toegevoegd. Wanneer in die stap een verzadigde oplossing werd bereid, zal reeds bij een lichte afkoeling kristallisatie optreden. Bij een overmaat aan solvent zal verder moeten afgekoeld worden vooraleer de stof begint uit te kristalliseren en zal steeds een grotere fractie van het product in oplossing blijven. Hierdoor daalt het rendement.

Soms treedt een oververzadiging van de oplossing op. Om dat probleem op te lossen en de uitkristallisatie te initiëren, wordt met een glasstaaf tegen de binnenkant van de glaswand van het vloeistofrecipiënt gekrast.

Als laatste stap worden de kristallen gefiltreerd op een Büchnerfilter (zie figuur 21). Het papiertje in de filter wordt bevochtigd met koud oplosmiddel. De kristallen die achterblijven in het oorspronkelijk recipiënt worden uitgespoeld met de moederloog uit de vacuümfles (het filtraat). Die moederloog is verzadigd waardoor er geen kristallen meer in kunnen oplossen. De kristallen worden vervolgens gewassen met zeer koud solvent en aan de lucht gedroogd.

## Techniek 6: Vast-vloeistofextractie

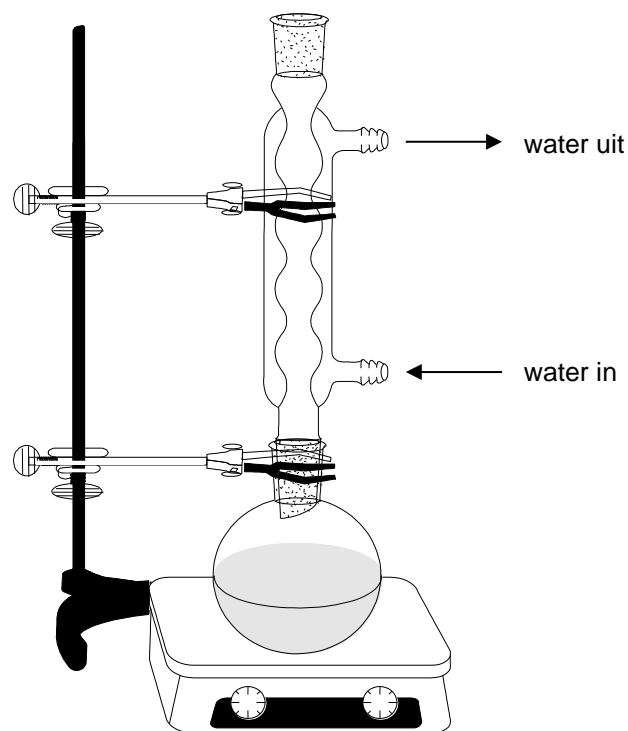
Onder een vast-vloeistofextractie wordt de overgang verstaan van één of meerdere stoffen van een vaste naar een vloeibare fase. Hét klassieke voorbeeld van een vast-vloeistofextractie is het zetten van koffie: het waterige extract bevat bepaalde componenten uit koffiebonen.

De scheidingsmethode maakt het mogelijk een stof uit het oorspronkelijke mengsel te isoleren.

Het principe van deze techniek is gebaseerd op het feit dat de fijn verdeelde vaste stof in contact gebracht wordt met een oplosmiddel. De oplosbare substanties gaan vervolgens over van de vaste fase naar de vloeistoffase. Er wordt een evenwicht bereikt. De extractie wordt efficiënter naarmate de te extraheren stof beter oplosbaar is in het gekozen oplosmiddel.

Om de extractie zo volledig mogelijk te laten gebeuren, is het vaak nodig het mengsel gedurende lange tijd te verwarmen. Daarbij moet vermeden worden dat het mengsel begint uit te dampen en dat toxische gassen in het klaslokaal terechtkomen. Vandaar dat gebruik gemaakt wordt van een refluxopstelling.

Figuur 22 toont die opstelling.



*Figuur 22: Refluxopstelling*

Het refluxapparaat bestaat uit een kolf en een rechtopstaande bolkoeler die voorzien wordt van twee waterslangen. De kolf wordt verwarmd met behulp van een elektrische verwarmingsmantel of -plaat. De onderste waterslang wordt aangesloten op een koudwaterkraan zodat de koeler steeds volledig gevuld is met water. Indien het water van boven naar onder zou stromen, is er steeds een hoeveelheid lucht in de koeler aanwezig. Vermits lucht minder goed koelt dan water, wordt het water steeds tegen de zwaartekracht in aangesloten.

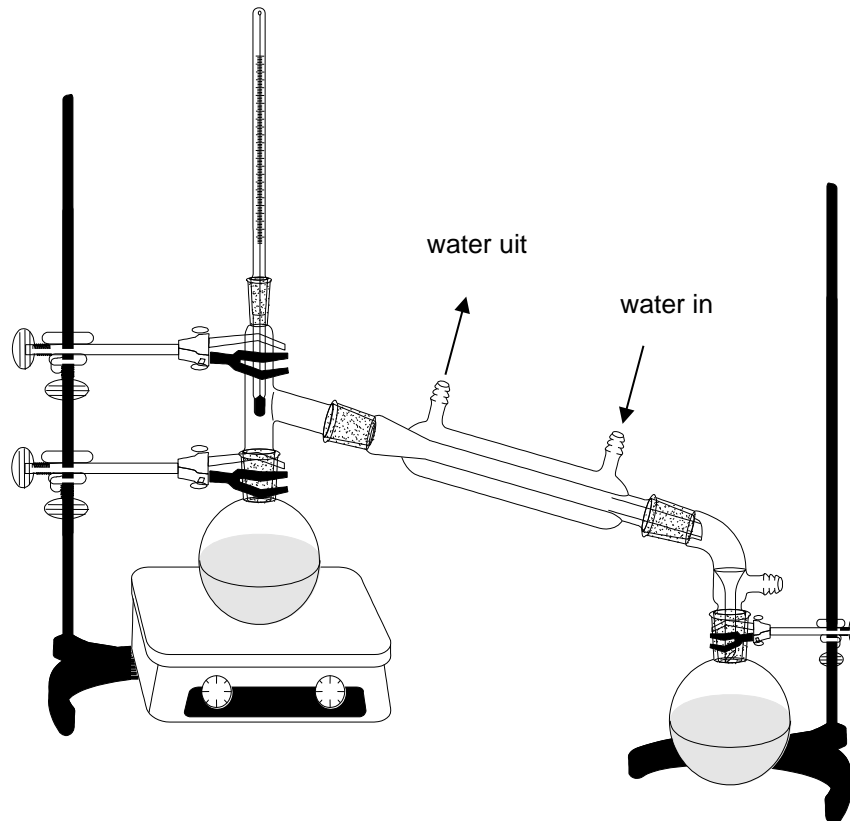
De hete dampen, die ontstaan door het verwarmen van de kolf, stijgen op en komen in contact met het koude water. Meer naar boven toe zijn de gassen reeds sterk afgekoeld, waardoor ze

condenseren en terug in de kolf stromen. De verwarming en de koeling worden zo geregeld dat de vloeistof ongeveer halverwege de koeler refluxt. Om een eventuele drukopbouw te vermijden, wordt de opening boven aan de koeler nooit afgesloten.

Ten slotte wordt het vaste residu gescheiden van het oplosmiddel via een filtratie (cfr. Techniek 4). De geëxtraheerde stof wordt vervolgens geïsoleerd van het oplosmiddel door middel van een eenvoudige destillatie (cfr. Techniek 7).

## Techniek 7: Eenvoudige destillatie

Het zuiveren van homogene vloeistofmengsels gebeurt meestal door destillatie. Het is een techniek waarbij de te zuiveren oplossing wordt verdampt, gecondenseerd en als destillaat wordt opgevangen in een ander recipiënt. In vergelijking met de oorspronkelijke oplossing zal het destillaat rijker zijn aan de vluchtigste component. Deze scheidingstechniek maakt gebruik van het verschil in kookpunt tussen de stoffen die zich in het mengsel bevinden. De opstelling wordt getoond in Figuur 23.



*Figuur 23: Opstelling van een eenvoudige destillatie*

Het homogene vloeistofmengsel wordt in een rondbodemkolf/platbodemkolf aan de kook gebracht met behulp van een elektrische verwarmingsmantel/verwarmingsplaat. De opstijgende damp passeert een thermometer en komt vervolgens in de Liebigkoeler terecht. Die Liebigkoeler wordt gekoeld met water, waardoor de damp condenseert. Het is belangrijk het water in tegengestelde richting t.o.v. de damp doorheen de koeler te sturen. Op die manier is de koeler steeds volledig gevuld met water en wordt de beste koeling bekomen. Tenslotte komt het condensaat via de snavelbuis in een tweede vloeistofrecipiënt terecht. De opening in de snavelbuis mag nooit afgesloten worden om eventuele drukopbouw te voorkomen.

Een zuivere vloeistof beschikt over een scherp kookpunt (bij bepaalde druk). Dat kookpunt is de temperatuur waarbij de dampdruk van de vloeistof gelijk is aan de uitwendige druk op ieder punt van het vloeistofoppervlak. Indien enkel een zuivere vloeistof in de destilleerkolf aanwezig is, zal de temperatuur, die met behulp van de thermometer (zie Figuur 23) wordt afgelezen, gelijk zijn aan de temperatuur van de kokende vloeistof in de destilleerkolf. Dat geldt echter niet voor een vloeistofmengsel dat bestaat uit moleculen A en B. Door het oplossen van bijv. een niet-vluchtige stof B in een zuivere vloeistof A blijft de temperatuur, die tijdens de destillatie op de thermometer wordt

afgelezen, onveranderd. De temperatuur in de destilleerkolf daarentegen stijgt. Dat komt doordat de dampdruk van de oplossing verlaagt door de aanwezigheid van B. Een lagere dampdruk betekent dat een hogere temperatuur vereist is vooraleer de vloeistof begint te koken. Bovendien zal de temperatuur in de destilleerkolf voortdurend stijgen, omdat de concentratie aan opgeloste stof continu toeneemt (en de dampdruk dus daalt). Ondanks de temperatuurstijging in de destilleerkolf, stijgt de temperatuur van de gevormde damp niet. Dat betekent dat enkel component A overkomt en dat component B achterblijft in de kolf. Na enige tijd zal de temperatuur plots veranderen en wordt de destillatie beëindigd. Het opgevangen destillaat bestaat enkel uit de zuivere vloeistof A. In de destilleerkolf bevindt zich hoofdzakelijk stof B samen met de resten van A.

# VEILIGHEIDSVOORSCHRIFTEN IN HET LABO

Werken met chemische stoffen kan gevaarlijk zijn. Het is dan ook belangrijk enkele veiligheidsvoorschriften in acht te nemen.

## 1 Beschermingsmiddelen

- Draag steeds een **labojas**.
- Gevaar voor de ogen (proeven waarbij spatten kunnen ontstaan).  
→ draag steeds een **veiligheidsbril**.
- Vorming van giftige, bijtende en/of brandbare gassen.  
→ werk onder de **trekkast (zuurkast)**.
- Bijtende stoffen.  
→ draag een **veiligheidsbril** en **handschoenen**.
- Zuren en basen veroorzaken brandwonden. Bij aanraking onmiddellijk spoelen met overvloedig leidingwater (± 15 min).

## 2 Brandwonden

### 2.1 Voorkomen van brand

- Vluchtige, brandbare vloeistoffen:  
→ vermijd ontstekingsbronnen.  
→ verwarm NIET boven een open vlam, wel in een warmwaterbad of op een verwarmingsplaat.

### 2.2 Voorkomen van brandwonden

- Warme voorwerpen vastnemen:  
→ proefbuisjes: gebruik een houten knijper.  
→ kroesjes: gebruik een metalen tang.  
→ bekers en ander glaswerk: draag dikke handschoenen.
- Glas:  
→ koel traag af: eerst aan de lucht, daarna met water,  
→ indien warm glas te snel wordt afgekoeld (door onmiddellijk te koelen met water), kan het glas stuk springen.

### 2.3 Bestrijden van brand

- Blijf kalm en verwittig de leerkracht.
- Ken de plaats van branddekens en blusapparaten.
- Kleine branden worden geblust met een natte vod of zand.



### 3 Vermijden van vergiftigingen

- De smaak van chemicaliën wordt nooit onderzocht. Proef NOOIT. Een vergissing is snel gemaakt.
- Ruik NOOIT rechtstreeks aan een proefbuis, beker of iets dergelijks. De geur kan waargenomen worden door de lucht boven bijvoorbeeld de reageerbuis naar zich toe te waaien en voorzichtig te ruiken.
- Vermijd zo veel mogelijk contact tussen de huid en chemische producten. Bij aanraking steeds overvloedig spoelen met leidingwater.
- Eet, drink of rook niet in het labo. Je weet nooit wat je op je handen hebt.
- Was steeds je handen na het beëindigen van een experiment en bij het verlaten van het labo.

### 4 Veilig omgaan met chemicaliën

Kijk steeds op het etiket van elk chemisch product dat je gebruikt. Zorg dat het etiket onbeschadigd blijft en ondersteun bij grotere flessen en kolven ook steeds de bodem.

Kijk naar de oranje pictogrammen vanaf 2008 worden zwarte symbolen op een witte ruitvormige achtergrond met rode rand gebruikt, zie paragraaf 4.1). Tabel 4 geeft weer wat ze betekenen en welke maatregelen genomen moeten worden.

Kijk ook steeds naar de R- en S-zinnen (R = "Risk" = risico; S = "Safety" = veiligheid). De nummers staan steeds vermeld op het etiket. Hun betekenis kan teruggevonden worden in Tabel 5 en Tabel 6. In 2008 werden nieuwe H- en P-zinnen gedefinieerd (zie ook paragraaf 4.1).

Weet steeds waarmee je werkt. Zorg ervoor dat je weet wat de eigenschappen, gevaren en de te nemen veiligheidsmaatregelen zijn van de stoffen waarmee je gaat werken. Kijk deze na bij de labovoorbereiding.









Verdere diepgaande informatie betreffende vervoer, opslag, verwijdering en omgang kan bekomen worden op het internet.

<http://www.acros.be>

<http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/dutch.html>

Elk chemisch product heeft zijn eigen M.S.D.S.-bestand (Material Safety Data Sheet). Daarin zijn relevante gegevens gerangschikt zoals gevaaraanduiding, eerste hulp maatregelen, blusmiddelen, opslag en hantering, beschermingsmaatregelen, stabiliteit en reactiviteit en tenslotte toxicologische informatie. De M.S.D.S.-bestanden kunnen ook op voorgaande internetsites opgezocht worden.

Tabel 4: Gevarenpictogrammen

Gevarenpictogram	Kenletter	Betekenis	Voorzorgen
	E	Ontploffbaar	Deze stoffen kunnen door schokken, wrijving, vonken en hitte ontploffen.  Vermijd slag, schok, wrijving, vonken en hitte.
	O	Oxiderend	Oxidatieve producten kunnen brandbare producten doen ontsteken of een bestaand vuur aanwakkeren.  Vermijd contact met brandbare stoffen.
	F  F+	Licht ontvlambaar  Zeer licht ontvlambaar	Deze stoffen kunnen makkelijk ontbranden.  Vermijd contact met open vuur, vonken en warmtebronnen.
	T  T+	Giftig  Zeer giftig	Deze stoffen zijn schadelijk voor de gezondheid bij inademing, inslikken of aanraking met de huid. Ze kunnen de dood veroorzaken of een mogelijke onomkeerbare beschadiging bij eenmalige, herhaaldelijke of langdurige blootstelling.  Vermijd elk contact met het lichaam. Draag handschoenen en veiligheidsbril (bij gevaar voor spatten).
	Xn	Schadelijk	Deze stoffen zijn schadelijk voor de gezondheid bij inademing, inslikken of aanraking met de huid. Mogelijk onomkeerbare beschadiging door eenmalige, herhaaldelijke of langdurige blootstelling.  Vermijd elk contact met het lichaam. Draag handschoenen en veiligheidsbril (bij gevaar voor spatten).
	Xi	Irriterend	Deze stoffen kunnen huid, ogen en ademhalingswegen irriteren.  Dampen niet inademen en elk contact met ogen en huid vermijden. Draag handschoenen en veiligheidsbril (bij gevaar voor spatten).
	C	Corrosief/bijtend	Deze stoffen tasten zowel levend weefsel (huid) als materialen (hout, metaal, ...) aan.  Dampen niet inademen, elk contact met huid, ogen en kledingstukken vermijden. Bij aanraking gedurende 15 minuten spoelen met leidingwater. Draag handschoenen en veiligheidsbril (bij gevaar voor spatten).
	N	Gevaarlijk voor het milieu	Deze stoffen kunnen in het milieu onmiddellijk of na verloop van tijd gevaar voor één of meer milieucompartmenten opleveren. Hierbij horen ook de stoffen die de ozonlaag aantasten.  Voer deze stoffen op een speciale manier af.

Tabel 5: R-zinnen

Enkelvoudige R-zinnen	
R1	In droge toestand ontplofbaar.
R2	Ontploffingsgevaar door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken.
R3	Ernstig ontploffingsgevaar door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsbronnen.
R4	Vormt met metalen zeer gemakkelijk ontplofbare verbindingen.
R5	Ontploffingsgevaar door verwarming.
R6	Ontplofbaar met en zonder lucht.
R7	Kan brand veroorzaken.
R8	Bevordert de ontbranding van brandbare stoffen.
R9	Ontploffingsgevaar bij menging met brandbare stoffen.
R10	Ontvlambaar.
R11	Licht ontvlambaar.
R12	Zeer licht ontvlambaar.
R13	Zeer licht ontvlambaar vloeibaar gas.
R14	Reageert heftig met water.
R15	Vormt licht ontvlambaar gas in contact met water.
R16	Ontploffingsgevaar bij menging met oxiderende stoffen.
R17	Spontaan ontvlambaar in lucht.
R18	Kan bij gebruik een ontvlambaar/ontplofbaar damp-luchtmengsel vormen.
R19	Kan ontplofbare peroxiden vormen.
R20	Schadelijk bij inademing.
R21	Schadelijk bij aanraking met de huid.
R22	Schadelijk bij opname door de mond.
R23	Giftig bij inademing.
R24	Giftig bij aanraking met de huid.
R25	Giftig bij opname door de mond.
R26	Zeer giftig bij inademing.
R27	Zeer giftig bij aanraking met de huid.
R28	Zeer giftig bij opname door de mond.
R29	Vormt giftig gas in contact met water.
R30	Kan bij gebruik licht ontvlambaar worden.
R31	Vormt giftige gassen in contact met zuren.
R32	Vormt zeer giftige gassen in contact met zuren.
R33	Gevaar voor cumulatieve effecten.
R34	Veroorzaakt brandwonden.
R35	Veroorzaakt ernstige brandwonden.
R36	Irriterend voor de ogen.
R37	Irriterend voor de ademhalingswegen.
R38	Irriterend voor de huid.
R39	Gevaar voor ernstige onherstelbare effecten.
R40	Onherstelbare effecten zijn niet uitgesloten.
R41	Gevaar voor ernstig oogletsel.
R42	Kan overgevoeligheid veroorzaken bij inademing.
R43	Kan overgevoeligheid veroorzaken bij contact met de huid.
R44	Ontploffingsgevaar bij verwarming in afgesloten toestand.
R45	Kan kanker veroorzaken.
R46	Kan erfelijke genetische schade veroorzaken.

R47	Kan geboortefwijkingen veroorzaken.
R48	Gevaar voor ernstige schade aan gezondheid bij langdurige blootstelling.
R49	Kan kanker veroorzaken bij inademing.
R50	Zeer giftig voor in het water levende organismen.
R51	Giftig voor in het water levende organismen.
R52	Schadelijk voor in het water levende organismen.
R53	Kan in het aquatisch milieu op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.
R54	Giftig voor planten.
R55	Giftig voor dieren.
R56	Giftig voor bodemorganismen.
R57	Giftig voor bijen.
R58	Kan in het milieu op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.
R59	Gevaarlijk voor de ozonlaag.
R60	Kan de vruchtbaarheid aantasten.
R61	Kan schade berokkenen aan de ongeboren vrucht.
R62	Mogelijk gevaar voor verminderde vruchtbaarheid.
R63	Mogelijk gevaar voor beschadiging van het ongeboren kind.
R64	Kan schadelijk zijn via borstvoeding.

<b>Enkele gecombineerde R-zinnen</b>	
R14/15	Reageert heftig met water en vormt daarbij licht ontvlambaar gas.
R15/29	Vormt giftig en licht ontvlambaar gas in contact met water.
R20/21	Schadelijk bij inademing en aanraking met de huid.
R20/21/22	Schadelijk bij inademing, opname door de mond en aanraking met de huid.
R20/22	Schadelijk bij inademing en opname door de mond.
R21/22	Schadelijk bij aanraking met de huid en bij opname door de mond.
R23/24	Giftig bij inademing en bij aanraking met de huid.
R23/24/25	Giftig bij inademing, opname door de mond en aanraking met de huid.
R23/25	Giftig bij inademing en opname door de mond.
R24/25	Giftig bij aanraking met de huid en bij opname door de mond.
R36/37	Irriterend voor de ogen en de ademhalingswegen.
R36/38	Irriterend voor de ogen en de huid.
R36/37/38	Irriterend voor de ogen, de ademhalingswegen en de huid.
R40/20/21/22	Schadelijk: bij inademing, aanraking met de huid en opname door de mond zijn onherstelbare effecten niet uitgesloten.
R40/21	Schadelijk: bij aanraking met de huid zijn onherstelbare effecten niet uitgesloten.
R40/22	Schadelijk: bij opname door de mond zijn onherstelbare effecten niet uitgesloten.
R48/20	Schadelijk: gevaar voor ernstige schade aan de gezondheid bij langdurige blootstelling bij inademing.
R48/20/22	Schadelijk: gevaar voor ernstige schade aan de gezondheid bij langdurige blootstelling bij inademing en opname door de mond.
R48/23	Giftig: gevaar voor ernstige schade aan de gezondheid bij langdurige blootstelling bij inademing.
R48/23/24/25	Giftig: gevaar voor ernstige schade aan de gezondheid bij langdurige blootstelling bij inademing, aanraking met de huid en opname door de mond.

Tabel 6: S-zinnen

<b>Enkelvoudige S-zinnen</b>	
S1	Achter slot bewaren.
S2	Buiten bereik van kinderen bewaren.

S3	Op een koele plaats bewaren.
S4	Verwijderd van woonruimten opbergen.
S5	Onder ... houden. (geschikte vloeistof opgegeven door fabrikant)
S6	Onder ... houden. (inert gas opgegeven door fabrikant)
S7	In goed gesloten verpakking bewaren.
S8	Verpakking droog houden.
S9	Op een goed geventileerde plaats bewaren.
S12	De verpakking niet hermetisch sluiten.
S13	Verwijderd houden van eet- en drinkwaren en van diervoeder.
S14	Verwijderd houden van ... (in te vullen door de fabrikant).
S15	Verwijderd houden van warmte.
S16	Verwijderd houden van ontstekingsbronnen. Niet roken.
S17	Verwijderd houden van brandbare stoffen.
S18	Verpakking voorzichtig behandelen en openen.
S20	Niet eten of drinken tijdens gebruik.
S21	Niet roken tijdens gebruik.
S22	Stof niet inademen.
S23	Gas/rook/damp/spuitnevel niet inademen.
S24	Aanraking met de huid vermijden.
S25	Aanraking met de ogen vermijden.
S26	Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.
S27	Verontreinigde kleding onmiddellijk uittrekken.
S28	Na aanraking met de huid onmiddellijk wassen met veel water.
S29	Afval niet in de gootsteen werpen.
S30	Nooit water op deze stof gieten.
S31	Van springstoffen verwijderd houden.
S33	Maatregelen treffen tegen ontladingen van statische elektriciteit.
S34	Schok en wrijving vermijden.
S35	Deze stof en de verpakking op veilige wijze afvoeren.
S36	Draag geschikte beschermende kleding.
S37	Draag geschikte handschoenen.
S38	Bij ontoereikende ventilatie een geschikte ademhalingsbescherming dragen.
S39	Een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht dragen.
S40	Voor de reiniging van de vloer en alle voorwerpen verontreinigd met dit materiaal, ... gebruiken (aan te geven door de fabrikant).
S41	In geval van brand en/of explosie inademen van rook vermijden.
S42	Tijdens de ontsmetting/bespuiting een geschikte adembescherming dragen.
S43	In geval van brand ... gebruiken (nooit water gebruiken).
S44	Indien men zich onwel voelt een arts raadplegen (indien mogelijk hem het etiket tonen).
S45	In geval van ongeval of indien men zich onwel voelt onmiddellijk een arts raadplegen (indien mogelijk hem het etiket tonen).
S46	In geval van inslikken onmiddellijk een arts raadplegen en verpakking of etiket tonen.
S47	Bewaren bij een temperatuur beneden ... °C (aan te geven door de fabrikant).
S48	Inhoud vochtig houden met ... (middel aan te geven door de fabrikant).
S49	Uitsluitend in de oorspronkelijke verpakking bewaren.
S50	Niet vermengen met ... (aan te geven door de fabrikant).
S51	Uitsluitend op goed geventileerde plaatsen gebruiken.
S52	Niet voor gebruik op grote oppervlakten in woon- en verblijfruimtes.

S53	Blootstelling vermijden - voor gebruik speciale aanwijzingen raadplegen.
S54	Vraag de toestemming van milieubeschermingsinstanties alvorens af te voeren naar rioolwaterzuiveringsinstallaties.
S55	Met de best beschikbare technieken behandelen alvorens in het riool of het aquatisch milieu te lozen.
S56	Niet in het riool of het milieu lozen, naar een erkend afvalinzamelpunt brengen.
S57	Neem passende maatregelen om verspreiding in het milieu te voorkomen.
S58	Als gevaarlijk afval afvoeren.
S59	Raadpleeg fabrikant/leverancier voor informatie over terugwinning/recycling.
S60	Deze stof en/of de verpakking als gevaarlijk afval afvoeren.
S61	Voorkom lozing in het milieu. Vraag om speciale instructies/veiligheidskaart.
S62	Bij inslikken niet het braken opwekken; direct een arts raadplegen en de verpakking of het etiket tonen.
<b>Gecombineerde S-zinnen</b>	
S1/2	Achter slot en buiten bereik van kinderen bewaren.
S3/7/9	Gesloten verpakking op een koele en goed geventileerde plaats bewaren.
S3/9	Op een koele en goed geventileerde plaats bewaren.
S3/9/14	Bewaren op een koele, goed geventileerde plaats verwijderd van ... (stoffen waarmee contact vermeden dient te worden, aan te geven door de fabrikant).
S3/9/14/49	Uitsluitend in de oorspronkelijke verpakking bewaren op een koele, goed geventileerde plaats verwijderd van ... .
S3/9/49	Uitsluitend in de oorspronkelijke verpakking bewaren op een koele, goed geventileerde plaats.
S3/14	Bewaren op een koele plaats verwijderd van ... .
S7/8	Droog houden en in een goed gesloten verpakking bewaren.
S7/9	Gesloten verpakking op een goed geventileerde plaats bewaren.
S20/21	Niet eten, drinken of roken tijdens gebruik.
S24/25	Aanraking met de ogen en de huid vermijden.
S36/37	Draag geschikte handschoenen en beschermende kleding.
S36/37/39	Draag geschikte beschermende kleding, handschoenen en een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht.
S36/39	Draag geschikte beschermende kleding en een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht.
S37/39	Draag geschikte handschoenen en een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht.
S47/49	Uitsluitend in de oorspronkelijke verpakking bewaren bij een temperatuur beneden ... °C.

#### 4.1 GHS: nieuwe etikettering voor gevaarlijke stoffen

In 2008 werd het GHS, het wereldwijd geharmoniseerd systeem voor indeling en etikettering van gevaarlijke stoffen, in alle Europese landen ingevoerd, maar dan wel onder de naam CLP (Regulation on Classification, Labelling and Packaging).<sup>1</sup>

De leveranciers hebben tijd tot 2015 om volledig conform te zijn met de CLP-voorschriften. In het lab zul je dus nog even een mix van oude EU- en nieuwe CLP-gevaarsymbolen en etikettering terugvinden op de recipiënten van de chemicaliën.





<sup>1</sup> GHS, het wereldwijde geharmoniseerde systeem voor indeling en etikettering van gevaarlijke stoffen werd door de Verenigde Naties goedgekeurd. De Europese Unie zal deze regeling invoeren als verordening, onder de naam CLP (Regulation on Classification, Labelling and Packaging), meestal aangeduid met de werknaam EU-GHS.

## Indeling, pictogrammen, signaalwoorden, H- en P-zinnen

A. Binnen de GHS worden de gevaren ingedeeld in drie klassieke groepen. Voor de meeste gevaren bestaat er een pictogram.




### Materiële (fysische) gevaren

Onderverdeeld in **klassen**, afhankelijk van de aard van de stof (vast, vloeibaar, gas, aerosol, ...) en het fysische gevaar (ontvlambaar, oxiderend, ontplofbaar, ...):

 ontvlambaar	 ontplofbaar	 oxiderend	 houder (gas) onder druk
--	--	--	--

### Gezondheidsgevaren

Onderverdeeld in **klassen**, afhankelijk van het specifieke gezondheidsgevaar:

 acute toxiciteit	 langetermijn schade	 schadelijk	 corrosief, bijtend
---	--	---	---

### Milieugevaren

 Milieugevaren
--

Elke gevarenklasse is verder opgesplitst in gevaarscategorieën, afhankelijk van de ernst van het gevaar, waarbij de laagste categorie het grootste gevaar inhoudt! Aan bepaalde categorieën wordt een signaalwoord ('Gevaar' of 'Waarschuwing') toegekend.

- B. Bij elk gevaar hoort een passende **Hazardzin (gevaarseigenschappen)** (wat we vroeger als Risk- of R-zinnen kenden).
- C. Naar analogie van de vroegere Safety- of S-zinnen worden er ook **voorzorgsmaatregelen (Precautions)** gedefinieerd.
- D. De verordening bevat enkele gevaarselementen uit de huidige **EU-wetgeving** die nog niet in het VN-GHS zijn opgenomen.

Aan de hand van de H- en P-zinnen (of codes) is het mogelijk alle gevaren van een product en de bijbehorende voorzorgsmaatregelen af te leiden. Deze informatie maakt het mogelijk een product op een veilige wijze op te slaan, te gebruiken en te verwijderen.

Let wel! Deze informatie betreft de zuivere producten of mengsels (indien ze als mengsel worden verkocht) en zegt niets over de gevaren die ontstaan bij het samenvoegen van verschillende stoffen.

## 4.2 Enkele gevaarlijke producten

- Giftig:
  - bij inademen: CO, HCN, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, Hg, CS<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, zuren...
  - bij opname langs de mond: Hg-, Pb-, As- en CN<sup>-</sup>-verbindingen...
  - bij opname langs de huid: Hg, Br<sub>2</sub>, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Pb- en Hg-zouten...
- Corrosief: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, KOH, CaCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>...
- Brandbaar: ether, petroleumether, witte fosfor, CS<sub>2</sub>, Na...
- Explosief: nitroverbindingen
- Straling: X-, UV- en radioactieve straling

## 5 Belangrijke aandachtspunten en afspraken

### 5.1 Afspraken

- Leerlingen zijn NOOIT toegelaten in het chemielokaal zonder toezicht.
- Voer NOOIT zelfstandig andere proeven uit.
- Eet, drink of rook niet in het labo.
- Werk ordelijk en proper.
- Was steeds de handen alvorens het labo te verlaten.
- Weet steeds waarmee je werkt. Ken de risico's en de te nemen veiligheidsmaatregelen. Draag ook steeds de nodige beschermingsmiddelen (labojas, veiligheidsbril, handschoenen,...).



## 5.2 Aandachtspunten

- Gebruik geen vervuilde instrumenten en materiaal. Alles wordt steeds eerst gezuiverd (zie verder).
- Sluit verpakking/fles/pot altijd na gebruik. Zo worden ongelukken vermeden.
- Was regelmatig de handen en vervang je wegwerphandschoenen op regelmatige basis.
- Bij contact van de huid met chemische producten steeds overvloedig spoelen met water. Roep de raad en hulp in van de leerkracht.
- Laat een opstelling nooit alleen achter.
- Giet nooit water bij zwavelzuur, wel omgekeerd. Zwavelzuur heeft een erg grote oplossingswarmte. Water bij zwavelzuur resulteert in een enorme temperatuurstoename, waardoor de oplossing kan spatten.
- Giet ongebruikte vloeistof of oplossing nooit terug in de fles.
- Breng nooit een pipet in een fles of maatkolf. Giet steeds een weinig uit in een droge of vooraf met de vloeistof gespoelde beker en pipetteer daaruit.

# REFERENTIES

1. [www.crete-holidays.net/files/olijfzeep\\_gif.gif](http://www.crete-holidays.net/files/olijfzeep_gif.gif), [Geraadpleegd 19/12/2005].
2. [http://www.emis.vito.be/Luss/techniekbladen/techniekblad\\_17\\_zeoliet\\_adsorptie.pdf](http://www.emis.vito.be/Luss/techniekbladen/techniekblad_17_zeoliet_adsorptie.pdf), [Geraadpleegd 28/11/2005].
3. Vanderauwera P., *Industriële organische processen*, cursus departement Industriële Wetenschappen, HA, 2004-2005.
4. <http://www.fenk.wau.nl/links/veiligheid/>.
5. <http://www.poisoncentre.be/nl/label/symbols.php>.
6. <http://medchem.rega.kuleuven.ac.be/labo/rens.htm>.
7. <http://www.gemeenschapsonderwijs.be/pbd/wetenschappen/chemie/veiligheid.htm>.
8. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search/ProductDetail/FLUKA/44100>, [Geraadpleegd 24/11/2005].
9. <http://www.efa.nl/opleidingen/wntv/biologie/cdw/almanak/1bappar/Bunsenbr.htm>.
10. Dardenne R., Piraux M., Van Beerendonck S., De Roey S., Kovacevic D., *Project Chemie*, 26/05/2005, p. 4-15.
11. Paquot C., *Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*, 7<sup>e</sup> editie, Pergamonn Press, NY, 1987, p.78-79.
12. <http://webserv.nhl.nl/stout/biochemproeven1.html>, [Geraadpleegd 5/12/2005].
13. Weast R.C., Ph.D., Astle M.J., Ph.D., *Handbook of chemistry and physics*, 62<sup>nd</sup> edition, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1981-1982.
14. <http://www.teachsoap.com/bombs.html>, [Geraadpleegd 4/11/2004].
15. <http://www.whitman.edu/chemistry/courses/c250s01.html>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
16. [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/v4084e/v4084e0d.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/v4084e/v4084e0d.htm), [Geraadpleegd 14/12/2004].
17. [http://en.wikibooks.org/wiki/Cookbook:Olive\\_oil](http://en.wikibooks.org/wiki/Cookbook:Olive_oil), [Geraadpleegd 14/12/2004].
18. <http://www.virgintogo.co.uk/template.asp?PageID=42&MenuID=42>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
19. <http://www.internationaloliveoil.org/tm/canada/olivepress.asp?lang=english>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
20. <http://www.toscanaolives.com.au/Aboutus.htm>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
21. <http://r0.unctad.org/infocomm/anglais/olive/technology.htm>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
22. [http://en.wikipedia.org/wiki/Olive\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Olive_oil), [Geraadpleegd 14/12/2004].
23. <http://www.oliveoilsource.com/definitions.htm>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
24. [http://www.carleton.ca/Capital\\_News/12031999/f2.htm](http://www.carleton.ca/Capital_News/12031999/f2.htm), [Geraadpleegd 14/12/2004].
25. <http://www.hub-uk.com/interesting/oliveoil06.htm>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
26. <http://www.vanderleden.com/zeep/>, [Geraadpleegd 18/11/2004].
27. <http://www.flevoland.to/~meike/cosmetica.html>, [Geraadpleegd 10/12/2004].
28. [http://dwp.fcroc.nl/microbiologie/de\\_afwas.htm](http://dwp.fcroc.nl/microbiologie/de_afwas.htm), [Geraadpleegd 1/12/2004].
29. <http://www.hekserij.nl/3heksen/3heksen.htm>, [Geraadpleegd 10/12/2004].
30. <http://www.members.lycos.nl/avantgardecosmetics/photoalbum.html>, [Geraadpleegd 10/12/2004].
31. <http://www.annasaromastore.com/natsoapmaksu.html>, [Geraadpleegd 18/11/2004].
32. <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch15/solut.html>, [Geraadpleegd 14/12/2004].

33. <http://products.kompass.com/nl/Chemie%20en%20pharmaceutica/Zepen%20en%20detergente%20op%20basis%20van%20vetzuren/MzE0NjA3Nm2NDU=-prd.php>, [Geraadpleegd 14/12/2004].
34. <http://dwp.fcroc.nl/microbiologie/schoonmaakmiddelen.htm>, [Geraadpleegd 1/12/2004].
35. Otto Phanstiel IV, Eric Dueno, Queenie Xianghong Wang, Synthesis of Exotic Soaps in the Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, Vol 75 No.5 May 1998, p.612-614.
36. Marcio C.S. de Mattos, David E. Nicodem, Soap from Nutmeg: An Integrated Introductory Organic Chemistry Laboratory Experiment, *Journal of Chemical Education*, Vol 79 No.1 January 2002, p.94-95.
37. Soapmaking by the Journal's Editorial Staff, *Journal of Chemical Education*, Vol 76 No.2 February 1999, p.192A-192B.
38. Mary E. Harris, Barbara Walker, Bath Bubblers, *Journal of Chemical Education*, Vol 80 No.12 December 2003, p.1416A-1416B.
39. Bubble, Bubble, Toil and Trouble, *Journal of Chemical Education*, Vol 78 No.1 January 2001, p.40A-40B.
40. Dr. P. Vanderauwera, Dr. D. Wambeke, *Labo Algemene Chemie – 2kan, Practicum VII*, cursus, IHAM – Mechelen, p.35-36.
41. <http://webserv.nhl.nl/~stout/biochemproeven1.html#Ver>, [Geraadpleegd 10/12/2005].
42. Jean-Pierre Gabriel, *De ziedende zeep van Aleppo*, p.64-70.
43. <http://hammer.prohosting.com/~nealking/soap.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
44. <http://www.vanderleden.com/zeep/zeepmaken.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
45. <http://www.vanderleden.com/zeep/watis.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
46. <http://members.aol.com/oelaineo/directions.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
47. <http://www.rohmhaas.com/company/plabs.dir/exp09.htm>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
48. <http://www.cranberrylane.com/soapmaking.htm>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
49. <http://www.soapnaturally.org/marinar.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
50. <http://www.madsci.org/experiments/archive/854443814.Ch.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
51. <http://millerssoap.com/soapanimal.html>, [Geraadpleegd 3/11/2004].
52. <http://www.zeep.4t.com/Verslag/Beschrijving/beschrijving.html>, [Geraadpleegd 3/6/2004].
53. <http://www.zeep.4t.com/Verslag/Waarneming/waarneming.html>, [Geraadpleegd 3/6/2004].
54. <http://www.zeep.4t.com/Toepassing/toepassing.html>, [Geraadpleegd 3/6/2004].
55. <http://www.zeep.4t.com/Zeepsoorten/zeepsoorten.html>, [Geraadpleegd 3/6/2004].
56. <http://www.zeep.4t.com/Bereiding/bereiding.html>, [Geraadpleegd 3/6/2004].
57. <http://www.ncf.carleton.ca/~aj471/BathBombs.html>.
58. <http://www.pcc.wur.nl/NR/rdonlyres/4FA1F518-8BA5-4ABC-AA57-EE0B9F9C47D9/8174/arbo.pdf>.
59. Dr. D. Wambeke, *Chemie 1: Hoofdstuk X: Oplossingen*, cursus departement IW, Hogeschool Antwerpen, p.X.1-X.4.
60. De Smedt, Peeters, *Labo Chemie*, cursus departement IW, 1998.
61. Vit al-chemie 6, *Chemie voor Minorrichtingen 3e graad: Hoofdstuk 3: Chemie en gezondheid*, Standaard Educatieve Uitgeverij, 1999, p.52-59.
62. Lemiere G., *Organische Scheikunde Practicumnota's*, cursus Faculteit Wetenschappen, Universiteit Antwerpen, 2000.
63. Peeters G., De Beule H., *Lab fysicochemie*, cursus Departement IW – 2 cycli, Hogeschool Antwerpen, 2002.
64. Vanderauwera P., Peeters G., *Lab organische chemie*, cursus Departement IW – 2 cycli, Hogeschool Antwerpen, 2002.
65. <http://pbd.gemeenschapsonderwijs.net/wetenschappen/chemie/veiligheid.htm>, [geraadpleegd 23/9/2006].

# DEEL II

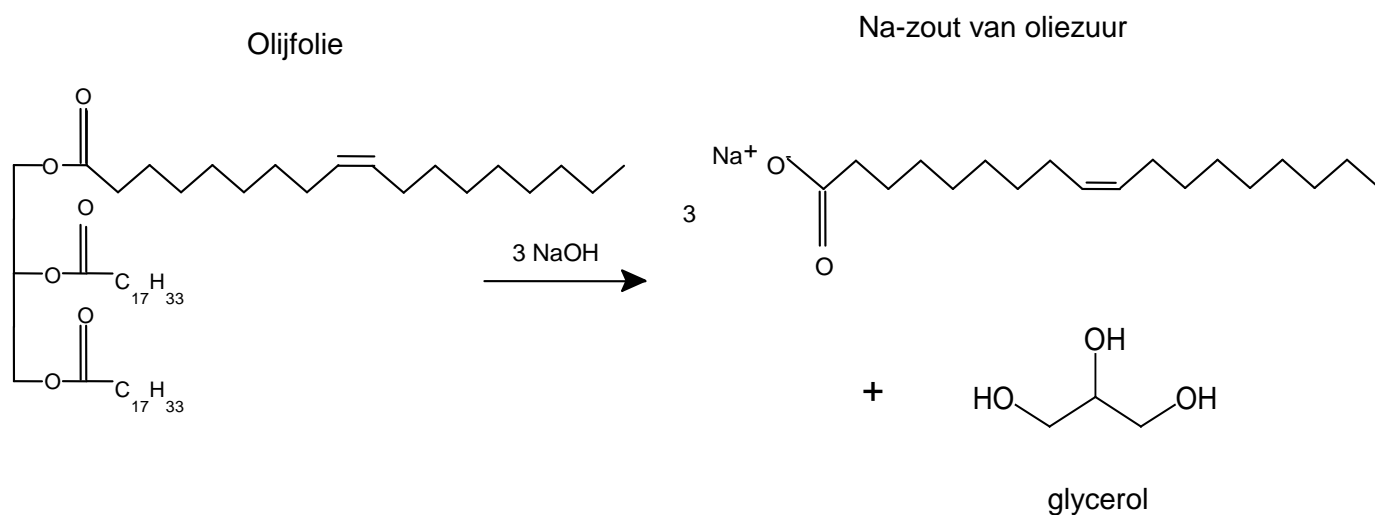
# PRAKTIJK

# PRACTICUM 1: Vaste en vloeibare zeep uit oliën bereiden

## 1 Inleiding

Zepen worden meestal bereid door een basische hydrolyse van commercieel beschikbare vetten en/of oliën. Dat proces wordt verzeeping genoemd: in een waterig midden reageert de olie of het vet met een sterke base. Met NaOH als sterke base ontstaat een hardere zeep. KOH daarentegen zorgt voor de vorming van een meer vloeibare zeep.

Als eerste kennismaking zal in dit experiment een harde zeep gemaakt worden vertrekkende van commerciële olijfolie en NaOH als base. Als olie bevat olijfolie voornamelijk onverzadigde vetzuren. Zo bevat olijfolie 76 tot 86% oliezuur (mono-onverzadigd) en slechts 14% verzadigde vetzuren. De verzeepingsreactie en de structuur van oliezuur worden getoond in Figuur 24.



Figuur 24: Verzeeping van olijfolie met NaOH tot het Na-zout van oliezuur en glycerol

Tijdens het verzeepingsproces worden de vetzuren vrijgesteld en omgezet tot Na-zouten. Die Na-zouten worden zeep genoemd.

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. maatbeker van 250 mL
2. maatcilinder van 50 mL
3. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
4. horlogeglas of andere vorm waarin de zeep kan uitharden

### *Producten*

1. commerciële olijfolie
2. demiwater
3. NaOH-pellets
4. ethanol (96%)
5. eventueel kleur- (voedingsadditieven) en geurstoffen (rozenwater, essentiële oliën van lavendel, eucalyptus, vanille,...)

## 3 Uitvoering

1. In een maatcilinder wordt (apart) 25 mL olijfolie, 50 mL water en 50 mL 96% ethanol afgemeten en in een maatbeker van 250 mL gebracht.
2. 3,1 g NaOH wordt zo nauwkeurig mogelijk afgewogen en toegevoegd aan de maatbeker. NaOH wordt vaak geleverd in de vorm van pellets. Dat maakt het moeilijk om NaOH exact af te wegen. Om geen zeep te krijgen die te basisch is, geniet een iets kleinere hoeveelheid NaOH steeds de voorkeur.

**NaOH is een zeer sterke base en bijgevolg zeer irriterend voor de huid. Draag steeds handschoenen. Bij aanraking moeten de handen onmiddellijk gespoeld worden met water.**

3. Het mengsel wordt d.m.v. een magnetische roerstaaf geroerd op een verwarmde roerplaat en langzaam opgewarmd tot ongeveer 70 °C. De verzeping zal in het totaal ongeveer 1 uur duren. Daarbij worden verschillende stadia doorlopen:
  - a) Initieel heeft het mengsel een gele kleur en is het troebel.
  - b) Na 20 tot 40 minuten roeren (bij  $\pm 70$  °C) wordt de oplossing helder.
  - c) Na ongeveer 50 minuten begint het mengsel viskeuzer te worden. De kleur wordt lichter en verandert van geel naar beige. Hoe lichter de kleur, hoe verder het verzepingsproces is gevorderd.
  - d) Er wordt verder geroerd en verwarmd totdat een duidelijke 'trace' zichtbaar is. Die vakterm duidt erop dat bij het trekken van een streep met een spatel een duidelijk 'spoor' (trace) achterblijft. In dit stadium kunnen eventueel enkele druppels geur- en/of kleurstoffen worden toegevoegd. Hoe verder het verzepingsproces gevorderd is, hoe witter het mengsel, hoe beter. In de praktijk komt het er dus op neer dat moet verder geroerd worden tot de zeep nog voldoende vloeibaar is om in de mal te gieten.
4. De magnetische roerder wordt uit de beker genomen en het dik viskeuze mengsel (zeep) wordt uitgegoten in de mal/vorm/horlogeglas. Vermits het verzepingsproces nog niet volledig is (80-90%), moet de zeep nog een drietal weken rijpen. De resten olie en NaOH krijgen de tijd om

verder te reageren, wat resulteert in een pH-daling. Bovendien verdampen de resten ethanol en water, waardoor de zeep harder wordt. Van zodra de zeep voldoende hard is, wordt ze uit de mal gehaald. Dat versnelt het droogproces. De tijd die daarvoor nodig is, varieert van enkele uren tot dagen. Het rijpen en drogen kan beginnen.

Tijdens het verzepingsproces wordt het trialcohol glycerol (ook glycerine genoemd) gevormd. Vaak wordt de gevormde zeep daarvan gescheiden door ze uit te vlokken in een verzadigde zoutoplossing (35 mm% NaCl). Op die manier wordt echter een zeer korrelige zeep verkregen. In dit experiment wordt om die reden de glycerol niet gescheiden van de zeep. Bovendien maakt de aanwezige glycerol de zeep zacht voor de huid.

## 4 Uitbreiding: bereiding van vloeibare zeep

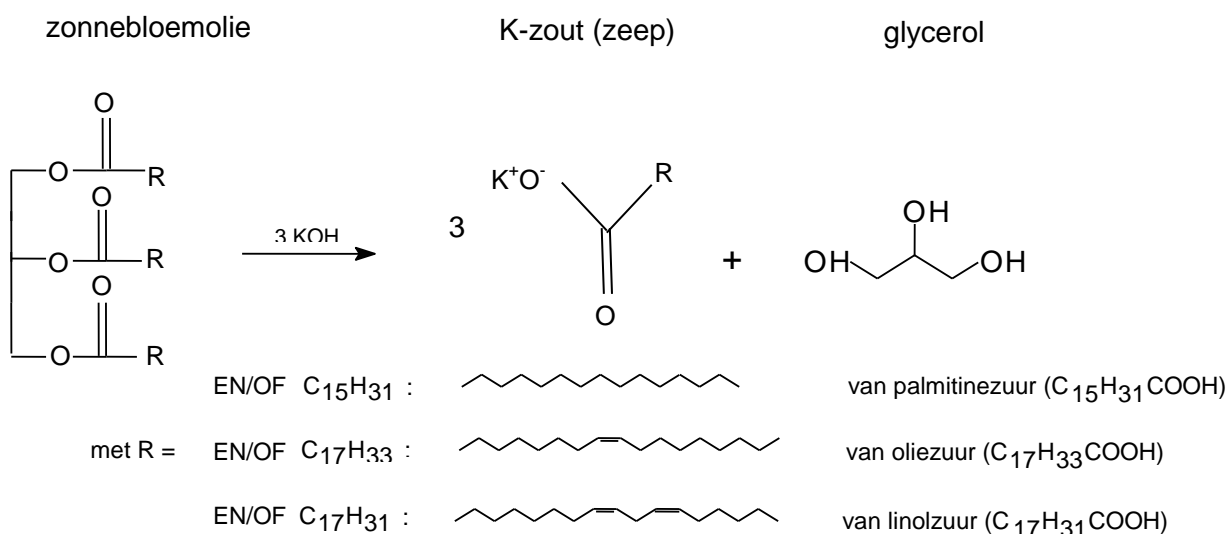
De laatste jaren kent vloeibare zeep een enorme opgang tegenover de harde staafzeep. Enkele voorbeelden daarvan zijn vloeibare wasmiddelen, handzeepen, douchegels, enz ... . Om die reden wordt als uitbreiding van dit practicum vloeibare zeep bereid.

De vloeibare zeep wordt bereid uit zonnebloemolie. Die olie heeft een hoog gehalte aan poly-onverzadigde vetzuren (cfr. Tabel 7). Het zijn die onverzadigde vetzuren die aanleiding geven tot meer vloeibare zepen. De verzeeping gebeurt ditmaal niet met NaOH maar met KOH. Vermits kaliumionen groter zijn dan natriumionen geeft NaOH aanleiding tot vaste zepen en KOH tot vloeibare zepen.

*Tabel 7: Percentage verzadigde en onverzadigde vetzuren van enkele commerciële oliën*

vetzuren/olie	olijfolie	arachideolie	maïsolie	sojaolie	zonnebloemolie
<b>verzadigd</b>	11	13,8	14,6	13,4	8,7
<b>mono-onverzadigd</b>	84,4	60,2	51,1	29,4	25,1
<b>poly-onverzadigd</b>	4,6	26	34,3	57,2	66,2

Zonnebloemolie bestaat voornamelijk uit palmitinezuur (verzadigd), oliezuur (enkelvoudig onverzadigd) en linolzuur (meervoudig onverzadigd vetzuur). De verzepingsreactie van zonnebloemolie met KOH wordt weergegeven in Figuur 25.



*Figuur 25: Verzeeping van zonnebloemolie met KOH tot het K-zout*

#### 4.1 Benodigheden

##### **Materiaal**

1. maatbeker van 250 mL
2. maatcilinder van 50 mL en 10 mL
3. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
4. afsluitbaar potje om de vloeibare zeep in te bewaren

##### **Producten**

1. zonnebloemolie
2. demiwater
3. KOH-pellets
4. ethanol (96%)
5. glycerol (ook wel glycerine genoemd)

#### 4.2 Uitvoering

De bereiding van de vloeibare zeep lijkt sterk op die van de harde zeep. Hieronder wordt beschreven wat de verschillen zijn. De overige informatie is terug te vinden in paragraaf 0.

1. Naast zonnebloemolie, water en ethanol wordt nu ook 6 mL glycerol aan het mengsel toegevoegd. Daardoor ontstaat na de verzeeping een vloeibaar en viskeus mengsel dat zacht aanvoelt.
2. NaOH wordt in deze bereiding vervangen door KOH. 4,3 g KOH wordt zo nauwkeurig mogelijk afgewogen en toegevoegd aan de maatbeker. Om dezelfde reden als in paragraaf 0 zal een kleinere hoeveelheid KOH beter zijn dan een te grote. **KOH is eveneens een sterke base en eist dezelfde voorzichtigheid. Draag steeds handschoenen.**
3. Vervolgens wordt het mengsel op dezelfde manier verwarmd als beschreven in punt 3 van paragraaf 0. Ditmaal echter heeft het mengsel met de zonnebloemolie reeds van bij het begin een vrij lichte kleur. Bijgevolg kan het bepalen van de vorderingsgraad van de reactie niet gebeuren



aan de hand van de kleurverandering van het mengsel. Er zal simpelweg moeten verwarmd worden tot een duidelijke 'trace' zichtbaar wordt.

4. Het mengsel wordt uitgegoten in een potje met deksel, zodat verdampt het water uit de zeep waardoor ze na lange tijd toch hard wordt. Nadat het mengsel volledig is afgekoeld, wordt de oplossing vaak te viskeus. Om de gewenste viscositeit van de vloeibare zeep te bekomen, wordt nog een beetje water toegevoegd (ongeveer 25 mL) en zeer goed onder het mengsel geroerd. De zeep wordt minder viskeus en bovendien ook mooi wit.  
De verzepingsreactie is echter nog niet afgelopen. Daardoor zal de zeepoplossing nog te basisch zijn. De zeep wordt pas ideaal wanneer ze 2 tot 3 weken heeft kunnen rijpen. De vloeibare zeep kan gebruikt worden om de handen te wassen.

# PRACTICUM 2: Zeep uit nootmuskaat<sup>2</sup>

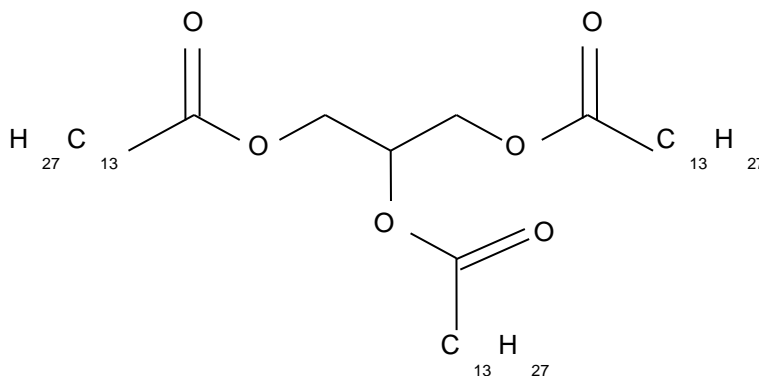
## 1. Inleiding

Reeds meer dan 5000 jaar vervaardigt de mens zeep uit oliën en vetten (triglyceriden genoemd). Die triglyceriden zijn een bron van vetzuren. Tijdens het verzepingsproces met de sterke base NaOH worden die vetzuren vrijgesteld en vormen ze Na-zouten. Een andere benaming voor zo'n Na-zout is zeep.

Vaak bestaat de misvatting dat zeep alleen kan gemaakt worden uit commerciële oliën en vetten zoals olijfolie, zonnebloemolie, varkensvet, rundervet, enz ... . Nochtans zijn triglyceriden eveneens terug te vinden in allerlei andere natuurlijke producten. Die stoffen worden dagelijks in de keuken gebruikt. Om dat aan te tonen zal in dit practicum zeep gemaakt worden uit nootmuskaat.

Het practicum integreert een aantal elementaire laboratoriumtechnieken: enkelvoudige destillatie, omkristallisatie, het maken van een refluxopstelling, enz ... .

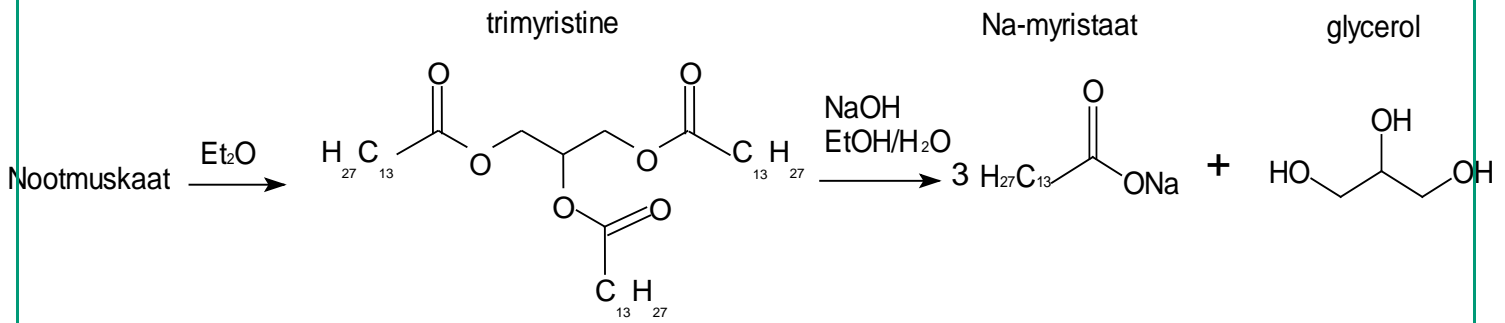
Het triglyceride dat aanwezig is in nootmuskaat wordt trimyristine genoemd. De structuur ervan wordt weergegeven in Figuur 26.



Figuur 26: Trimyristine

In een eerste fase van het experiment wordt trimyristine geïsoleerd uit nootmuskaat. In een tweede fase wordt het bekomen trimyristine verzeept tot Na-myristaat (zeep). Het overzicht van de stappen/reacties die tijdens dit experiment worden uitgevoerd, wordt getoond in figuur 27.

<sup>2</sup> Gebaseerd op Marcio C.S. de Mattos, David E. Nicodem, Soap from Nutmeg: An Integrated Introductory Organic Chemistry Laboratory Experiment, Journal of Chemical Education, Vol 79 No.1 January 2002, p.94-95



Figuur 27: Overzicht van de opeenvolgende stappen/reacties die tijdens dit experiment zullen worden uitgevoerd

## 2. Benodigdheden

### Materiaal

1. 2 kolven van 250 mL (met slijpstuk)
2. bolkoeler
3. waterslangen
4. Büchnerfilter + waterstraalpomp
5. filtreerpapiertje + ploofilter
6. Liebigkoeler, snavelbuis, opzetstuk met schuine buis, thermometer
7. erlenmeyer van 250 mL
8. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
9. trechter
10. afzuigkolf + conische rubberen dichtingen
11. maatbeker van 250 mL + 1000 mL (ijsbad)
12. maatcilinder van 100 mL
13. horlogeglas of andere vorm waarin zeep kan uitharden
14. kooksteentjes

### Producten

1. nootmuskaat
2. demiwater
3. diëthylether
4. aceton
5. NaOH-pellets
6. ethanol (96%)
7. ijs
8. eventueel kleur- (voedingsadditieven) en geurstoffen (rozenwater, essentiële oliën van lavendel, eucalyptus, vanille,...)

### 3 Uitvoering

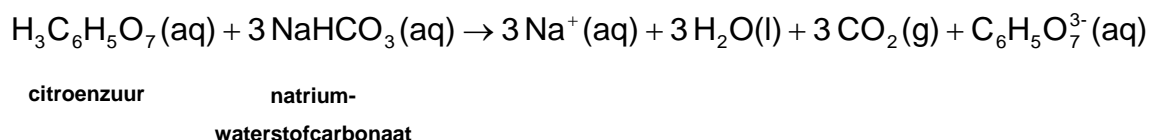
1. 40 g nootmuskaat wordt afgewogen en samen met 100 mL diëthylether in een kolf van 250 mL (met slijpstuk) gebracht. Er worden enkele kooksteentjes aan toegevoegd. Op de kolf wordt een bolkoeler geplaatst, voorzien van waterslangen. Vervolgens wordt het mengsel 30 minuten gerefluxed op een verwarmingsplaat.
2. Wanneer het mengsel is afgekoeld tot kamertemperatuur, worden de vaste deeltjes met behulp van een gewone filtratie van de oplossing gescheiden. Na de filtratie worden de vaste deeltjes die achterblijven op de ploofilter nagespoeld met 20 mL diëthylether. Er moet worden opgemerkt dat diëthylether licht ontvlambaar en bovendien zeer vluchtig is. **Het is dus nodig om hierbij onder de zuurkast te werken.** Als resultaat wordt een heldere, gele oplossing bekomen. Er wordt verder gewerkt met dit filtraat.
3. Het filtraat wordt opnieuw in de kolf gebracht. Het bevat nog zeer veel diëthylether. Dat solvent wordt uitgedampt en gerecupereerd met behulp van een eenvoudige destillatie. Tijdens de proef moet steeds vermeden worden dat etherdampen in het lokaal terechtkomen. Om die reden wordt aan de snavelbuis in de opstelling een slang bevestigd en naar de gootsteen geleid. Tijdens de destillatie blijft steeds een koudwaterkraan open staan. Nadat het solvent is overgekomen, wordt de verwarmingsplaat verwijderd. Bij kamertemperatuur hardt de bruine, viskeuze oplossing uit.
4. Het bruine residu wordt vervolgens omgekristalliseerd. Daartoe wordt aceton verwarmd tot 40 °C en gemengd met het residu tot net alles in oplossing is. Wanneer het mengsel tijdens deze omkristallisatie begint af te koelen, zullen de onzuiverheden in oplossing blijven. Enkel het zuivere trimyristine slaat neer. Om zoveel mogelijk trimyristine te recupereren, wordt het mengsel gekoeld in een ijsbad. Werk zoveel mogelijk onder de zuurkast.
5. Ditmaal wordt het neergeslagen trimyristine van de oplossing afgescheiden door een vacuümfiltratie op een Büchnerfilter. Na de filtratie moet eerst de zuigslang worden verwijderd vooraleer de waterstraalpompe wordt dichtgedraaid. Het zuivere trimyristine blijft achter op de Büchnerfilter.
6. 3,06 g trimyristine wordt in een kolf van 250 mL samengevoegd met 0,60 g NaOH en 60 mL ethanol en gedurende 20 minuten gerefluxed.
7. Vervolgens wordt de oplossing warm uitgegoten in evenveel warm water in een maatbeker van 250 mL en verder verhit op een roerplaat. Daarbij wordt de oplossing continu geroerd m.b.v. een magnetische roerstaaf. Indien gewenst, kunnen enkele druppels geur- en kleurstof aan de zeepoplossing worden toegevoegd. Wanneer het mengsel zeer viskeus wordt, wordt de roerstaaf verwijderd en het mengsel op een horlogeglas uitgegoten. Bij het afkoelen zal het mengsel stollen en hardt de zeep uit. De zeep kan bijna onmiddellijk uit het horlogeglas gehaald worden en gebruikt worden als handzeep. De zeep is niet geschikt om het gezicht mee te wassen.

# PRACTICUM 3: Frisse bruisballen

## 1 Inleiding

De tijd dat mensen enkel klassieke zeep mee in bad namen, is reeds lang voorbij. Vandaag bestaat er een zeer uitgebreid gamma aan verzorgingsproducten. Badparels, badzouten en badoliën zijn slechts enkele van de producten die de markt hebben veroverd.

Een ander alternatief is de bruisbal (of badbom). Dankzij zijn etherische oliën wordt een aangename en verfrissende geur aan het badwater afgegeven. De hoofdingrediënten zijn citroenzuur en natriumwaterstofcarbonaat (ook wel maagzout of bakpoeder genoemd). In contact met water lost de bruisbal op en wordt volgende reactie geïnitieerd:



*Figuur 28: Reactie die ontstaat wanneer een bruisbal in water wordt ondergedompeld*

Citroenzuur is een zwak triprotisch zuur. Het kan dus drie H<sup>+</sup>-ionen afsplitsen en zal reageren met natriumwaterstofcarbonaat. Daarbij wordt koolstofdioxide gevormd. Het is dat gas dat voor het bruiseffect zorgt wanneer de badbom ondergedompeld wordt in water. Tijdens het bruisen komen de geuroliën vrij in het water.

In dit practicum wordt aangetoond dat het vrij eenvoudig is om zelf zulke bruisballen te maken. Vervolgens zal bepaald worden hoeveel CO<sub>2</sub> er tijdens de reactie vrijkomt en hoe snel dat gebeurt. Er kan vergeleken worden of de zelfgemaakte bruisballen minder of meer bruisen dan gekochte badbommen. Daarbij kan de temperatuur van het water gevarieerd worden.

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. maatbeker van 1 L
2. maatcilinder van 10 mL
3. vorm/mal waarin de bruisbal kan worden samengeperst

### *Producten*

1. de producten uit onderstaande paragraaf (paragraaf 0, punt 1).
2. arachideolie
3. demiwater
4. eventueel kleur- (voedingsadditieven) en geurstoffen (rozenwater, essentiële oliën van lavendel, eucalyptus, vanille,...)

## 3 Uitvoering

1. Volgende ingrediënten worden afgewogen en in een beker van 1 L gebracht:

1. 36,7 g natriumwaterstofcarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ )
2. 16,7 g citroenzuur ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )
3. 12,0 g magnesiumsulfaat heptahydraat ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )
4. 10,7 g maïszetmeel ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )
5. 1 spatelpuntje Borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )

Daarna wordt het mengsel zeer fijn gemaakt en zorgvuldig gemengd zodat alle klonters verdwijnen. Dat is noodzakelijk om de bruisbal mooi te laten opbruisen.

2. In een maatcilinder van 10 mL wordt 6,7 mL arachideolie tezamen met 0,7 mL water en 0,2 mL geurolie gebracht. Om de bruisballen een kleur te geven worden bovendien 2 druppels voedingskleurstof aan de oplossing toegevoegd.
3. Vervolgens wordt de oplossing druppelsgewijs aan de beker toegevoegd. Daarbij wordt het droge mengsel in de beker voortdurend gekneet met de handen. **Bij die handeling worden handschoenen gedragen.** Wanneer teveel van de oplossing tegelijkertijd met het droge mengsel in aanraking komt, start de reactie! Dat moet uiteraard vermeden worden.
4. Uiteindelijk wordt het mengsel kleverig. Indien in het experiment vertrokken wordt van bakpoeder, moet meestal extra olie worden toegevoegd. Dat moet experimenteel worden bepaald.
5. Wanneer een vaste vorm ontstaat door het mengsel samen te knijpen, is voldoende olie aanwezig. Het mengsel wordt in vormpjes overgebracht. Het is daarbij belangrijk om de vormpjes zeer hard aan te duwen. Vaak is het na enkele minuten reeds mogelijk de badbommen uit de omhulsels te halen. Indien dat niet het geval is, wordt enkele uren gewacht tot de bruisballen verder zijn uitgehard.

## 4 Uitbreiding

Na het bereiden van de bruisballen, kan nagegaan worden hoeveel CO<sub>2</sub> er vrijkomt wanneer de badbommen in contact komen met water. De uitvoering van de proef wordt hierna beschreven.

### Benodigheden

#### Materiaal

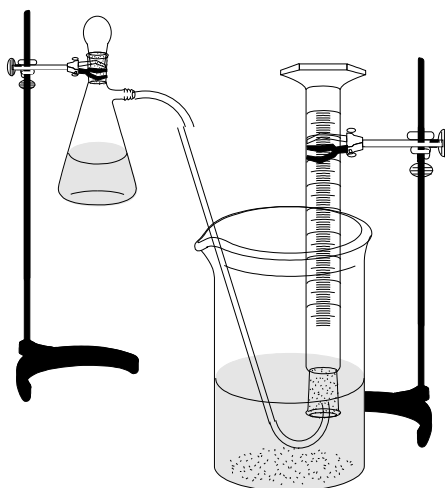
1. maatbeker van 1 L
2. maatcilinder van 100 mL
3. kleine erlenmeyer met bijpassende stop
4. waterslang
5. gebogen glazen buisje

#### Producten

1. demiwater
2. aangekochte of zelfgemaakte bruisbal

### Uitvoering

1. Een groot waterbad (maatbeker van 1 L) wordt minstens voor 2/3 gevuld met water. Een maatcilinder van 100 mL wordt volledig gevuld met water, omgekeerd ondergedompeld in het waterbad en aan een statief bevestigd. Het niveau van het volume water dat zich in de maatcilinder bevindt, wordt afgelezen.
2. In een kleine erlenmeyer met bijpassende stop wordt ongeveer 20 mL H<sub>2</sub>O gebracht. De opening aan de zijkant van de erlenmeyer wordt verbonden met een glazen buisje. Het buisje wordt ondergedompeld in het waterbad en mondt uit in de maatcilinder. De bocht aan het uiteinde van dat buisje moet steeds gevuld zijn met water. De volledige opstelling wordt getoond in Figuur 29.



Figuur 29: Opstelling voor de bepaling van het CO<sub>2</sub>-gehalte dat vrijkomt tijdens de reactie

3. Vervolgens wordt een kleine massa van de bruisbal afgewogen (0,5 g tot 2,0 g) en in de stop gebracht. De stop wordt op de erlenmeyer gezet en de gekende hoeveelheid bruisbal wordt aan het water toegevoegd. Op deze manier komt de bruisbal in het water nadat de erlenmeyer gesloten is. Er is dus geen verlies van CO<sub>2</sub>-gas. Wanneer alle deeltjes zijn opgelost, wordt het

niveau van het volume water afgelezen dat is overgebleven in de maatcilinder. Uiteraard moet omgekeerd worden afgelezen.

4. Ten slotte wordt met behulp van de ideale gaswet ( $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ) berekend hoeveel mol  $\text{CO}_2$  er vrijkomt. Daarbij is het noodzakelijk de omgevingstemperatuur en –druk te kennen. Dat aantal mol  $\text{CO}_2$  wordt in verband gebracht met de hoeveelheid bruisbal die aan de erlenmeyer werd toegevoegd. Die verhouding (aantal mol  $\text{CO}_2$ /massa bruisbal) laat toe verschillende bruisballen met elkaar te vergelijken.
5. Verschillende aspecten kunnen in deze uitbreiding onderzocht worden:
  1. Allereerst kan een vergelijking worden gemaakt tussen de werking van aangekochte en zelfbereide bruisballen.
  2. Vervolgens kan worden nagegaan wat de invloed is van de temperatuur van het water in de erlenmeyer.



# Practicum 4: Van pindanootje tot zeep

## 1 Inleiding

Zepen worden meestal bereid door een basische hydrolyse van commercieel beschikbare vetten en/of oliën. Dat proces wordt verzeeping genoemd: in een waterig midden reageert de olie of het vet met een sterke base. De verzeeping is een gemakkelijk proces. Iedere olie of vet kan zonder problemen gebruikt worden om een zeep te vormen. Het is bovendien niet nodig te vertrekken van een zuivere olie.

Om dat te illustreren zal in dit practicum zeep gemaakt worden van pindanootjes.

In een eerste fase zal uit de notjes de aanwezige arachideolie geëxtraheerd worden. De olie, die op die manier bekomen wordt, is verre van zuiver. Het zal bijvoorbeeld niet eenvoudig zijn de typische pindanootgeur uit de olie te verwijderen.

In een tweede fase zal de geëxtraheerde olie verzeept worden. Die verzeeping is volledig analoog aan de verzeeping van commerciële olie (zie Practicum 1).

Het practicum integreert een aantal elementaire laboratoriumtechnieken: enkelvoudige destillatie, omkristallisatie, het maken van een refluxopstelling, enz...

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. 2 kolven van 250 mL (met slijpstuk)
2. bolkoeler
3. waterslangen
4. Büchnerfilter + waterstraalpompe
5. filtreerpapiertje + ploofilter
6. Liebigkoeler, snavelbuis, opzetstuk met schuine buis
7. maatbeker van 250 mL
8. maatcilinder van 10 mL + 50 mL + 100 mL
9. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
10. horlogeglas of andere mal waarin de zeep kan uitharden
11. trechter
12. afzuigkolf + conische rubberen dichtingen
13. erlenmeyer van 250 mL
14. kooksteentjes

## Producten

1. pindanootjes
2. demiwater
3. diëthylether
4. NaOH-pellets
5. ethanol (96%)
6. arachideolie
7. eventueel kleur- (voedingsadditieven) en geurstoffen (rozenwater, essentiële oliën van lavendel, eucalyptus, vanille,...)

## 3 Uitvoering

1. 40 g pindanootjes worden afgewogen en fijngemalen. Daarna worden de gemalen nootjes samen met 100 mL diëthylether in een kolf van 250 mL (met slijpstuk) gebracht. Er worden enkele kooksteentjes aan toegevoegd. Op de kolf wordt een bolkoeler geplaatst, voorzien van waterslangen. Vervolgens wordt het mengsel 30 minuten gerefluxed.
2. Wanneer het mengsel is afgekoeld tot kamertemperatuur, worden de vaste deeltjes met behulp van een gewone filtratie van de oplossing gescheiden. Na de filtratie worden de vaste deeltjes die achterblijven op de ploofilter nagespoeld met 20 mL diëthylether. Er moet worden opgemerkt dat diëthylether licht ontvlambaar en bovendien zeer vluchtig is. **Het is dus nodig om hierbij onder de zuurkast te werken.** Als resultaat wordt een heldere, gele oplossing bekomen. Er wordt verder gewerkt met dit filtraat.
3. Het filtraat bevat nog zeer veel diëthylether. Dat solvent wordt uitgedampt en gerecupereerd met behulp van een eenvoudige destillatie. Tijdens de proef moet steeds vermeden worden dat etherdampen in het lokaal terecht komen. Om die reden wordt aan de snavelbuis in de opstelling een slang bevestigd en naar de gootsteen geleid. Tijdens de destillatie blijft steeds een koudwaterkraan open staan. Nadat het solvent is overgekomen, wordt de verwarmingsplaat verwijderd. In de kolf blijft een gele olie achter: onzuivere arachideolie.
4. Indien er nog teveel onzuiverheden aanwezig zijn in de olie, wordt een vacuümfiltratie uitgevoerd. De onzuiverheden blijven achter op de filter. De filter ruikt sterk naar nootjes. In vele gevallen kan deze stap worden overgeslagen.
5. De proef levert ongeveer 10 mL arachideolie op. Vervolgens worden 8 mL arachideolie, 16 mL water en 16 mL 96% ethanol in een maatcilinder afgemeten en in een maatbeker van 250 mL gebracht.
6. 1,0 g NaOH wordt zo nauwkeurig mogelijk afgewogen en toegevoegd aan de maatbeker. NaOH wordt vaak geleverd in de vorm van pellets. Dat maakt het moeilijk om NaOH exact af te wegen. Om geen zeep te krijgen die te basisch is, geniet een iets kleinere hoeveelheid NaOH steeds de voorkeur.  
**NaOH is een zeer sterke base en bijgevolg zeer irriterend voor de huid. Draag steeds handschoenen. Bij aanraking van de pellets met de handen, moeten de handen onmiddellijk gespoeld worden met water.**

7. Het mengsel wordt geroerd op een verwarmde roerplaat en langzaam opgewarmd tot 70 °C (de temperatuur mag niet overschreden worden). De verzeeping zal in het totaal ongeveer 1 uur duren. Daarbij worden verschillende stadia doorlopen:
  1. Initieel heeft het mengsel een gele kleur, is het troebel en weinig viskeus.
  2. Na ongeveer 30 à 50 minuten begint het mengsel viskeuzer te worden.
  3. Er wordt verder geroerd en verwarmd totdat een duidelijke 'trace' zichtbaar is. Die vakterm duidt erop dat bij het trekken van een streep met een spatel een duidelijk 'spoor' (trace) achterblijft. In dit stadium kunnen eventueel enkele druppels geur- en/of kleurstoffen worden toegevoegd. In de praktijk komt het er dus op neer dat moet verder geroerd worden tot de zeep nog voldoende vloeibaar is om in de mal te gieten. De roermagneet wordt alvorens het mengsel uit te gieten uit de beker genomen.
  4. Indien het mengsel te viskeus is om in de mal te worden gegoten, wordt een kleine hoeveelheid ethanol aan het mengsel toegevoegd. Na goed roeren wordt er verder verwarmd tot het mengsel opnieuw viskeus is maar kan uitgegoten worden in de mal.
  
8. Het dik viskeuze mengsel (zeep) wordt uitgegoten in de mal/vorm/horlogeglas. Vermits het verzeepingsproces nog niet volledig is (80-90%), moet de zeep nog een drietal weken rijpen. De resten olie en NaOH krijgen de tijd om verder te reageren wat resulteert in een pH-daling. Bovendien verdampen de resten ethanol en water. Daardoor wordt de zeep harder. Van zodra de zeep voldoende hard is, wordt ze uit de mal gehaald. Dat versnelt het droogproces. De tijd die daarvoor nodig is, varieert van enkele uren tot dagen. Het rijpen en drogen kan beginnen.

# Practicum 5: Synthetische zeep fabriceren

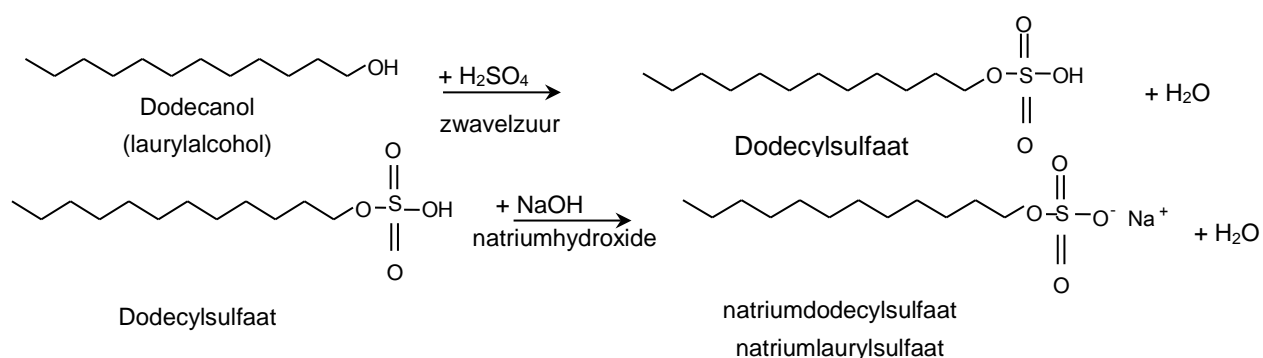
## 1 Inleiding

In dit practicum wordt afgestapt van de aloude zeepbereiding waarbij oliën of vetten worden verzeept door ze te hydrolyseren met een sterke base. Die klassieke zepen verliezen alsmaar meer marktaandeel door de concurrentie die ze ondervinden van zepen die synthetisch worden bereid zoals detergents, afwasmiddelen, handzepen, ... .

Net zoals klassieke zepen bestaan synthetische zepen (detergents) uit een hydrofobe staart en een hydrofiële kop. De hydrofobe staart is afkomstig van alifatische alcoholen, gewonnen uit aardolie. De hydrofiële kop ontstaat door dit alcohol te laten reageren met geconcentreerd zwavelzuur. Vervolgens wordt het sulfaat via een reactie met NaOH omgezet naar het natriumzout. De hydrofiële kop is dan een  $\text{RSO}_4^-$ -groep en niet een  $\text{COO}^-$ -groep zoals bij de klassieke zepen. Voor  $\text{RSO}_3^-$ -groepen zijn andere synthesesmethoden voorhanden waarop hier niet verder wordt ingegaan.

In wat volgt, wordt getoond hoe zeep bereid kan worden vertrekkende van 1-dodecanol. Een andere benaming voor 1-dodecanol is laurylalcohol: het is een lineair alcohol met een ketenlengte van 12 koolstofatomen.

Figuur 30 toont het reactieschema.



Figuur 30: Reactieschema synthese van natriumdodecylsulfaat

## 2 Benodigdheden

### Materiaal

1. maatbeker van 50 mL
2. maatbeker van 400 mL
3. erlenmeyer van 250 mL
4. gradueerde pipet van 10 mL + 250 mL

5. maatcilinder van 10 mL
6. buret
7. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
8. filtreerpapier
9. trechter

### Producten

1. 1-dodecanol
2. geconcentreerd  $\text{H}_2\text{SO}_4$
3. NaOH-pellets
4. fenolrood-oplossing
5. demiwater
6. carboxymethylcellulose

## 3 Uitvoering

1. In een kleine maatcilinder wordt 5 mL dodecanol nauwkeurig afgemeten en vervolgens overgebracht naar een erlenmeyer van 250 mL.
2. Vervolgens wordt een maatbeker gevuld met enkele milliliters geconcentreerd zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Daaruit wordt 2 mL gepipetteerd (met een geïndiepte pipet) en langzaam aan de dodecanoloplossing toegevoegd. De oplossing wordt gedurende 1 minuut geroerd.  
**Zwavelzuur is een zeer sterk zuur! Draag steeds handschoenen en veiligheidsbril. Vermijd het contact tussen geconcentreerd  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en water. Dat leidt tot zeer hevige reacties.**
3. Terwijl vorige oplossing 10 minuten rust, kan reeds een NaOH-oplossing (concentratie 1 mol/l) gemaakt worden. Daartoe wordt 10,0 g NaOH afgewogen, opgelost en aangelengd met demiwater tot 250 mL in een maatbeker.  
**NaOH is een zeer sterke base en bijgevolg zeer irriterend voor de huid. Draag steeds handschoenen. Bij aanraking van de pellets met de handen, moeten de handen onmiddellijk gespoeld worden met water.**
4. Na 10 minuten heeft het zwavelzuur voldoende gereageerd. Er wordt voorzichtig demiwater bij de oplossing gedaan zodat een heldere oplossing wordt gevormd ( $\pm 30$  mL). Vervolgens worden 4 druppels fenolrood als pH-indicator toegevoegd. In dit zeer zure milieu, kleurt de indicator de oplossing roze.
5. Een buret wordt gevuld met de bereide NaOH-oplossing. Vervolgens wordt de oplossing in de erlenmeyer voorzichtig geneutraliseerd. Omdat met zeer hoge concentraties gewerkt wordt, kan één druppel reeds teveel zijn en het detergent te basisch maken. Wanneer NaOH wordt toegevoegd, zal de pH-indicator ervoor zorgen dat de roze kleur verdwijnt. Het licht zure mengsel krijgt nu een gele kleur. De neutralisatie is dan echter niet ten einde. Bij een neutrale pH zal de oplossing paars kleuren. Vanaf het moment dat de paarse kleur verschijnt en ook blijft, heeft het detergent een pH van 7 tot 8 en wordt het neutraliseren gestopt.
6. De zeep kan op verschillende manieren verder verwerkt worden. Een poederzeep wordt verkregen door het mengsel te filtreren en te drogen. De zeep kan ook rechtstreeks als vloeibare handzeep gebruikt worden. Het volstaat het mengsel aan te lengen met water en te verdikken met een gelvormer zoals carboxymethylcellulose.



## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. 2 kolven van 250 mL (met slijpstuk)
2. bolkoeler
3. waterslangen
4. Büchnerfilter + waterstraalpomp
5. 2 filtreerpapierjes
6. Liebigkoeler, snavelbuis, opzetstuk met schuine buis, thermometer
7. maatbeker van 400 mL + 1000 mL (ijsbad)
8. maatcilinder van 100 mL
9. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)
10. afzuigkolf + conische rubberen dichtingen
11. kooksteentjes

### *Producten*

1. vlaszaad (of lijnzaad)
2. demiwater
3. n-hexaan
4. NaOH-pellets
5. 50-50 ethanol-watermengsel
6. NaCl
7. ijs

## 3 Uitvoering

1. 25 g gemalen vlaszaad wordt afgewogen en samen met 75 mL n-hexaan in een kolf van 250 mL (met slijpstuk) gebracht. Er worden enkele kooksteentjes aan toegevoegd. Op de kolf wordt een bolkoeler geplaatst, voorzien van waterslangen. Vervolgens wordt het mengsel 10 minuten gerefluxed.
2. Vervolgens wordt het mengsel gefiltreerd door middel van een vacuümfiltratie op een Büchnerfilter. Na de filtratie moet eerst de zuigslang worden verwijderd vooraleer de waterstraalpomp wordt dichtgedraaid. Het restant van het vlaszaad blijft achter op het filtreerpapierje en mag weggegooid worden.
3. Het filtraat wordt opnieuw in de kolf gebracht. Het bevat nog zeer veel solvent dat wordt uitgedampt en gerecupereerd met behulp van een eenvoudige destillatie. Nadat het solvent is overgekomen, wordt de verwarmingsplaat verwijderd. In de kolf blijft uiteindelijk enkel de gewenste lijn(zaad)olie achter.
4. Aan de olie in de kolf wordt 50 mL van een 50-50 ethanol-watermengsel en 10 g NaOH toegevoegd. Dat mengsel wordt gedurende 10 minuten op dezelfde wijze gerefluxed als het mengsel uit punt 1. **In het begin kan de reactie exotherm verlopen. In dat geval moet het mengsel tot kamertemperatuur worden afgekoeld.**

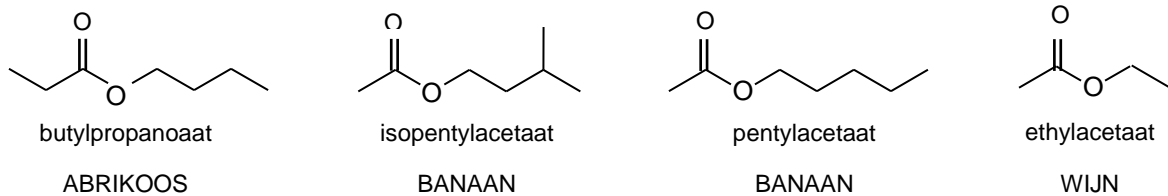
5. Tijdens het refluxen wordt in een beker van 400 mL een oplossing van 50 g NaCl in 150 mL demiwater bereid. Om het oplossen te vergemakkelijken, kan de oplossing eventueel verwarmd worden. Nadien wordt ze in een ijsbad opnieuw afgekoeld tot kamertemperatuur.
6. De bekomen zeepoplossing wordt al roerend in de beker met zoutoplossing uitgegoten. Het mengsel wordt vervolgens 10 minuten in een ijsbad geplaatst. Daarbij wordt regelmatig geroerd. De zeep zal zich afzetten als een vaste stof en komt bovendrijven.
7. Uiteindelijk wordt de zeep afgescheiden door een vacuümfiltratie op een Büchnerfilter. De waterstraalpompe mag pas worden opgezet wanneer de zeep terug komt bovendrijven. De verkregen zeep blijft achter op de Büchnerfilter en wordt ten slotte gewassen met 50 mL ijskoud demiwater.



# Practicum 7: Geuren: synthese van wintergroenolie

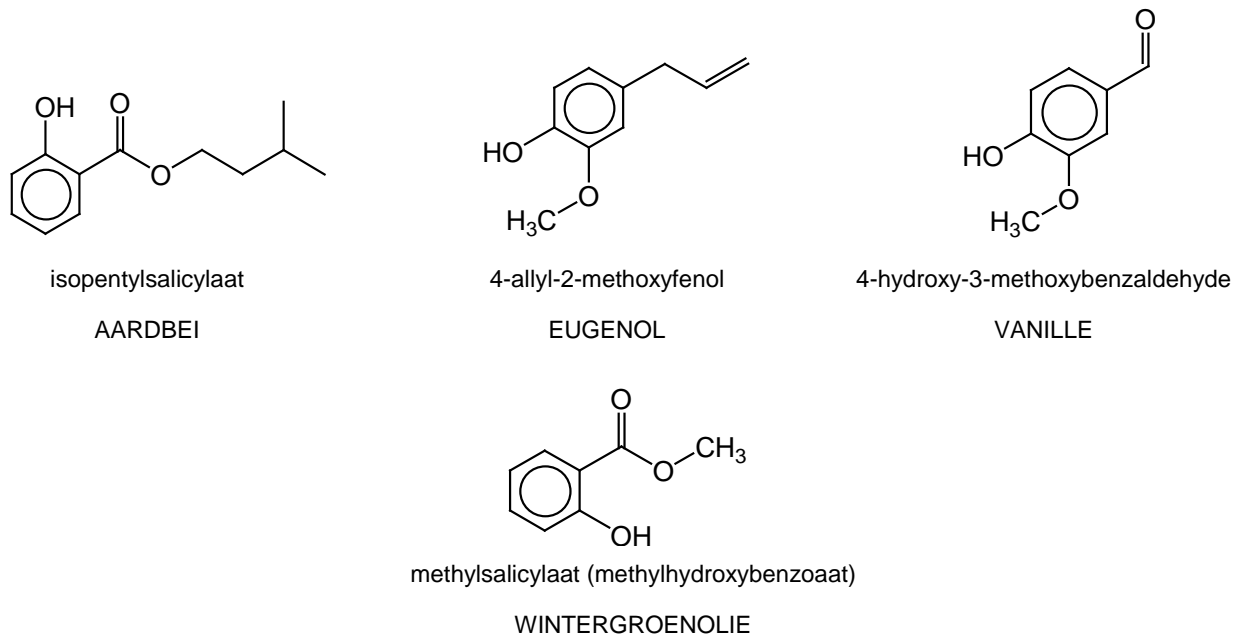
## 1 Inleiding

Zeep zou geen zeep zijn zonder een mooi kleurtje en een lekker geurtje. Kwaliteitszepen en parfums gebruiken meestal essentiële oliën zoals lavendelolie, eucalyptusolie,... . Dat zijn mengsels van natuurlijke stoffen die uit planten geëxtraheerd worden. De complexe mengsels van natuurlijke geuren (kleuren en smaken) kennen vaak een synthetisch alternatief. Dat zijn voornamelijk esters (R-COO-R). Figuur 33 geeft enkele voorbeelden weer.



Figuur 33: Geur- en smaakstoffen met hun respectievelijke structuur

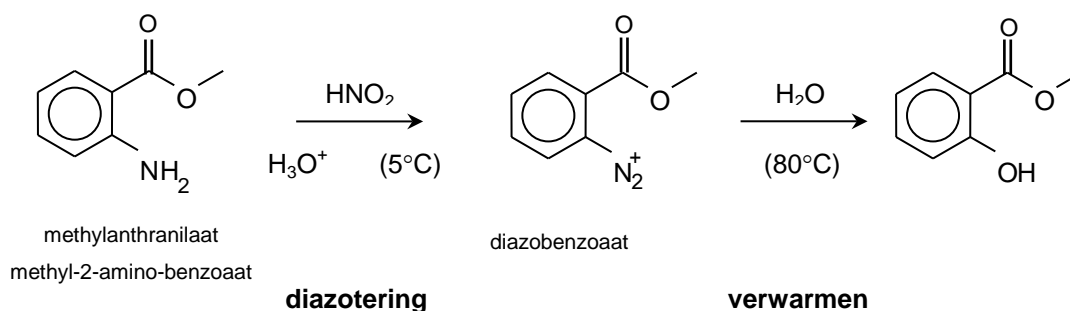
Daarnaast hebben ook tal van benzeenderivaten (al dan niet esters) een kenmerkende geur zoals bijvoorbeeld vanille in vanillestokjes, eugenol in kruidnagel, methylanthranilaat in citrusvruchten en ook wintergroenolie (zie Figuur 34).



Figuur 34: Benzeenderivaten met kenmerkende geur

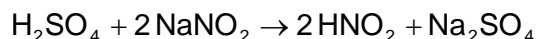
Wintergroenolie is één van de eerste geurstoffen die in zeep gebruikt werd (Amerika, 16-17<sup>e</sup> eeuw). Ze werd gewonnen uit de *Gualtheria Procumbens*, een struik die veel voorkomt in Noord-Amerika en Canada. De organische chemie specialiseert zich om natuurlijke stoffen zoals geur-, kleur- en smaakstoffen, synthetisch na te maken.

Dit practicum vormt een eerste kennismaking met de organische synthese van wintergroenolie uitgaande van methylantranilaat. Methylantranilaat, dat uit citrusvruchten gewonnen kan worden, wordt omgezet in wintergroenolie met behulp van een diazoteringsreactie. Daarbij wordt de aromatische aminegroep (-NH<sub>2</sub>) omgezet in een diazogroep (-N=N<sup>+</sup>) (vandaar de naam diazotering). De omzetting gebeurt door de aminegroep (-NH<sub>2</sub>) van methylantranilaat te laten reageren met salpeterig zuur (HNO<sub>2</sub>) in sterk zuur milieu (zie Figuur 35).

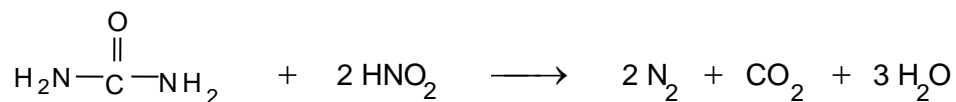


Figuur 35: Vorming van wintergroenolie via diazoteringsreactie

Salpeterig zuur (HNO<sub>2</sub>), dat op zich onstabiel is, wordt in situ bereid door natriumnitriet (NaNO<sub>2</sub>) te laten reageren met zwavelzuur (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



Eenmaal de diazogroep gevormd is, rest er enkel de diazogroep te verwijderen en te vervangen door een hydroxylgroep (OH<sup>-</sup>). Dat gebeurt door een temperatuursverhoging (zie Figuur 35). Om tijdens het opwarmen geen bijtende dampen van salpeterig zuur te bekomen, wordt de overmaat nitriet verwijderd door toevoeging van een overmaat ureum. Daarbij ontstaat er naast water schadeloos N<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> gas.



## 2 Benodigdheden

### Materiaal

1. 2 maatbekers 250 mL
2. maatbeker van 50 mL
3. maatcilinder van 50 mL en 10 mL
4. ijsbad (beker van 750-1000 mL)
5. gegradueerde pipet van 10 mL
6. pasteurpipet
7. roer- en verwarmingsplaat + magnetische roerstaaf (zo groot mogelijk)

## Producten

1. methylantranilaat
2. geconcentreerd  $\text{H}_2\text{SO}_4$
3.  $\text{NaNO}_2$
4. ureum
5. ijs
6.  $\text{NaCl}$  (keukenzout)
7. Demiwater

## 3 Uitvoering

1. Eerst en vooral wordt een oplossing van  $\text{NaNO}_2$  bereid. Daartoe wordt 12 g  $\text{NaNO}_2$  afgewogen en opgelost in 20 mL demiwater.
2. 45 mL demiwater wordt samen met een roerstaaf in een maatbeker van 250 mL gebracht. De beker wordt op de roerplaat geplaatst.
3. 5,6 mL geconcentreerd zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) wordt gepipetteerd met een gegradueerde pipet van 10 mL en wordt bij langzaam roeren toegevoegd aan de maatbeker. De oplossing wordt warm.  
**Zwavelzuur is een zeer sterk zuur! Draag steeds handschoenen en veiligheidsbril. Voeg nooit water bij geconcentreerd zwavelzuur. Dat leidt tot zeer hevige reacties. Bij contact met de huid, onmiddellijk grondig afspoelen.**
4. 5,5 mL methylantranilaat wordt nauwkeurig afgemeten in een maatcilinder van 10 mL en bij de roerende oplossing gegoten.
5. De beker wordt in een gezouten ijsbad geplaatst. Een grote schep keukenzout ( $\text{NaCl}$ ) wordt toegevoegd om het smeltpunt van waterijs te verlagen. Tevens wordt  $\pm 50$  g ijs aan de maatbeker toegevoegd. De oplossing wordt troebel.
6. Met behulp van een gegradueerde pipet wordt 10 mL van de  $\text{NaNO}_2$ -oplossing (12 g/20 mL) geleidelijk in de oplossing gepipetteerd. Vermits de temperatuur onder de 10 tot 15 °C moet blijven, gebeurt het toevoegen van  $\text{NaNO}_2$  zeer geleidelijk. Indien nodig kan extra ijs toegevoegd worden. Naarmate de reactie vordert, wordt de troebele oplossing helder geel. Het ijsbad wordt verwijderd, waardoor de oplossing terug op kamertemperatuur komt.
7. Om te vermijden dat in een volgende stap bijtende, geel-bruine, nitreuze dampen zouden ontstaan, wordt een overmaat aan ureum toegevoegd. Daarbij ontstaat er naast water ook  $\text{N}_2$ - en  $\text{CO}_2$ -gas: de oplossing bruist. Er wordt circa 6 g ureum toegevoegd.  
**Indien onvoldoende ureum wordt toegevoegd kunnen erg bijtende, zure dampen ontstaan. Vermijd de dampen zo veel mogelijk. Werk onder de zuurkast en draag steeds een veiligheidsbril.**
8. De oplossing wordt op een roerplaat verwarmd. Indien er bruine (nitreuze) dampen ontstaan, wordt extra ureum toegevoegd. Vanaf  $\pm 80$  °C wordt de diazogroep ( $-\text{N}=\text{N}^+$ ) verwijderd en vervangen door een hydroxylgroep ( $\text{OH}^-$ ):  $\text{N}_2$ -gas wordt gevormd (bruisen). Het reactiemengsel

wordt gedurende 5 minuten gekookt. Wintergroenolie vormt zich als een donker rode olie. De geur is sterk waarneembaar.

**Indien onvoldoende ureum werd toegevoegd kunnen erg bijtende, zure dampen ontstaan. Vermijd de dampen zo veel mogelijk. Draag steeds een veiligheidsbril.**

9. Het mengsel wordt uitgegoten in een maatbeker van 250 mL die circa 50 g ijs bevat. De wintergroenolie zakt geleidelijk naar beneden waar het één grote druppel vormt. De olie kan verwijderd worden door ze uit de oplossing te pipetteren met een pasteurpipet.

# Practicum 8: Zelf een gezichtscrème prepareren

## 1 Inleiding

De chemische industrie produceert tal van alledaagse gebruiksproducten waaronder een heel gamma cosmeticaproducten. Naast verscheidene zepen, eisen ook tal van lotions en crèmes daarin een belangrijke plaats op.

Om aan te tonen dat lang niet alle industriële producten schadelijke afvalstromen voortbrengen of ingewikkelde reacties en schadelijke chemicaliën vereisen, wordt in dit practicum een eenvoudige gezichtscrème gemaakt.

Gezichtscrèmes helpen de huid zijn normale functies uit te voeren. Dat betekent de huid vochtig houden, vuil via de poriën verwijderen en het lichaam afkoelen zonder de poriën te verstoppen.

Een basis gezichtscrème is niet meer of minder dan een stabiele emulsie van olie en water. De emulsie wordt gestabiliseerd door een emulgator, hier een combinatie van stearinezuur en triëthanolamine. Stearinezuur geeft de crème een zekere dikheid en een parelachtig uitzicht. Triëthanolamine neutraliseert het stearinezuur waarbij een stabiele emulsie gevormd wordt. Verder zorgt het voor een neutrale pH.

Veel gezichtscrèmes bevatten, bovenop deze basisingrediënten, nog tal van vitaminen en andere nutriënten voor de huid. Uiteraard kan een lekker geurtje worden toegevoegd.

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. 2 maatbekers van 250 mL
2. maatbeker van 1000 mL (warmwaterbad)
3. verwarmingsplaat
4. bunsenbrander, driepikkel, draadnet
5. maatcilinder 10 mL en 50 mL
6. thermometer

### *Producten*

1. olijfolie
2. paraffineolie
3. triëthanolamine
4. demiwater
5. stearinezuur
6. eventueel geurstoffen (rozenwater, essentiële oliën van lavendel, eucalyptus, vanille,...)

## 3 Uitvoering

1. Volgende ingrediënten worden afgewogen/afgemeten en in een maatbeker van 250 mL gebracht:
  1. 10 g stearinezuur
  2. 7,5 mL (7 g) olijfolie
  3. 11,5 mL (10 g) paraffineolie
2. De maatbeker wordt verwarmd in een warmwaterbad boven een bunsenbrander tot de inhoud gesmolten is.
3. In een andere maatbeker van 250 mL worden 48 mL demiwater en 2 mL triëthanolamine gebracht en op een verwarmingsplaat opgewarmd.
4. Wanneer de temperatuur in de tweede maatbeker 80 tot 90 °C bereikt, wordt hij van de verwarmingsplaat verwijderd. Onder voortdurend roeren wordt de gesmolten inhoud van de eerste maatbeker geleidelijk in de tweede gegoten. Indien te snel wordt toegevoegd of niet voldoende geroerd wordt, wordt een korrelig resultaat bekomen. Enkele druppels geurstof kunnen aan de crème worden toegevoegd.

# Practicum 9: Eigenschappen van zeep en detergent

## 1 Inleiding

In dit practicum worden verschillende eigenschappen (zuurtegraad, gedrag in hard water, oppervlaktespanning en grootte van een zeepmolecule) aan de hand van proefjes bestudeerd.

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. 3 maatbekers van 100 mL
2. 3 maatbekers van 250 mL
3. maatcilinder van 100 mL
4. universele pH-strookjes
5. geïndividueerde pipet van 10 mL
6. 6 proefbuisjes + rekje
7. 6 pasteurpipetjes
8. viltstift
9. muntstuk 5 eurocent

### *Producten*

1. zeep (zelf bereid)
2. detergent (zelf bereid of gekocht)
3.  $\text{CaCl}_2$
4.  $\text{MgCl}_2$
5.  $\text{FeCl}_3$
6. zwavelpoeder
7. demiwater

## 3 Uitvoering

### 3.1 Bereiding van de testoplossingen

1. Allereerst wordt een zeepoplossing gemaakt. Daartoe wordt 1 g van de zelfgemaakte zeep opgelost in 60 mL warm demiwater.
2. Maak ook een detergentoplossing door ongeveer 5 mL van het zelfgemaakte of van een gekocht detergent op te lossen in 60 mL demiwater.
3. Vervolgens worden 3 oplossingen gemaakt in maatbekers van 250 mL: 1%  $\text{CaCl}_2$ -oplossing, 1%  $\text{MgCl}_2$ -oplossing en 1%  $\text{FeCl}_3$ -oplossing. Het volstaat telkens 1 g van de bovenstaande producten op te lossen in 100 ml demiwater.

### 3.2 Zuurtegraad

De zuurtegraad, uitgedrukt in pH, is een erg belangrijke eigenschap van zepen en detergenten. De huid verkiest immers een neutrale zeep met een pH van ongeveer 7. Boven pH 9 en onder pH 5 kan zeep/detergent de huid schade toebrengen. De exacte pH van zeep of detergent is van ondergeschikt belang: een pH tussen 5 en 9 is aanvaardbaar.

De pH kan eenvoudig bepaald worden met behulp van een universeel pH-strookje. Het strookje wordt in de zeep- of detergentoplossing bevochtigd en de pH wordt afgelezen. Om de pH van een stuk zeep te bepalen, wordt de zeep bevochtigd met een beetje water, waarna het pH-strookje hierin bevochtigd wordt.

Noteer de gemeten zuurtegraad.

### 3.3 Gedrag in hard water

Hoewel natrium- en kaliumzouten van vetzuren (zeep) wel oplosbaar zijn in water, geldt dat echter niet voor calcium-, magnesium- en ijzerzouten. Wanneer zeep bijgevolg in hard water terechtkomt, ontstaat een neerslag.

Detergenten vertonen daarentegen dat verschijnsel niet en blijven steeds oplosbaar in water.

Volgende proefjes demonstreren wat er gebeurt.

1. 3 proefbuisjes worden gevuld met 5 ml van de zelfgemaakte zeepoplossing.
2. 3 andere proefbuisjes worden gevuld met 5 ml detergentoplossing.
3. 2 ml van 1%  $\text{CaCl}_2$ -oplossing wordt toegevoegd aan een proefbuisje met de detergentoplossing. Noteer de waarneming.
4. Vervolgens wordt 2 ml 1%  $\text{CaCl}_2$ -oplossing toegevoegd aan de zeepoplossing. Noteer de verschillen met de vorige proef.
5. Stap 3 en 4 worden herhaald met 1%  $\text{MgCl}_2$ - en  $\text{FeCl}_3$ -oplossing.



### 3.4 Oppervlaktespanning

In de volgende proefjes wordt nagegaan hoe een zeep- of detergentoplossing de oppervlaktespanning van de waterige oplossing beïnvloedt.

1. Een bekertje wordt gevuld met demiwater. Vervolgens wordt zwavelpoeder over het oppervlak gestrooid.  
Wat stel je vast? Treedt er een verandering op wanneer je zachtjes water over het oppervlak laat vloeien?  
Ten slotte wordt er een beetje detergentoplossing aan het potje toegevoegd.  
Noteer de waarnemingen en tracht een verklaring te vinden.
2. Met behulp van een stift worden twee streepjes op een pasteurpipetje geplaatst. Die handeling wordt op een tweede pipetje herhaald. Het is belangrijk dat de streepjes op beide pipetjes op exact dezelfde hoogte geplaatst worden. Vervolgens wordt het ene pasteurpipetje gevuld met demiwater en het andere met een zeep- of detergentoplossing. Laat de oplossingen uit de pipetjes druppelen en tel het aantal druppels die vrijkomen wanneer de oplossingen van de ene naar de andere maatstreep vloeien.  
Vergelijk beide aantallen. Wat stel je vast?

Deze proef kan tevens uitgevoerd worden met een klein muntstuk van bijv. 5 eurocent. Bepaal hoeveel druppels water en van een zeepoplossing op het muntstuk passen. Verklaar je waarneming.

# Practicum 10: Het verzepingsgetal bepalen

## 1 Inleiding

Het verzepingsgetal (V.G.; S.V., Saponification Value) is het aantal mg KOH dat nodig is voor het verzeppen van 1 g vet/olie. In dit practicum wordt het verzepingsgetal bepaald door refluxen van het staal (olie/vet) met een ethanolische KOH-oplossing en het bepalen van de overmaat KOH d.m.v. een titratie met HCl in aanwezigheid van een indicator.

## 2 Benodigdheden

### *Materiaal*

1. kolf van 250 mL (met slijpstuk)
2. bolkoeler
3. waterslangen
4. verwarmingsplaat
5. volpipet van 25 mL
6. buret
7. gegraduateerde pipet van 10 mL
8. kooksteentjes

### *Producten*

1. 0,500 mol/L KOH-oplossing in ethanol
2. 0,500 mol/L HCl-oplossing
3. fenolftaleïne-oplossing
4. vet/olie

### 3 Uitvoering

1. 2 g vet/olie wordt zeer nauwkeurig in een kolf van 250 mL (met slijpstuk) afgewogen. 25 mL ethanolische KOH-oplossing wordt met een volpipet in de kolf gebracht. Er worden enkele kooksteentjes toegevoegd. Op de kolf wordt een bolkoeler geplaatst, voorzien van waterslangen. Vervolgens wordt het mengsel 60 minuten gerefluxed op een verwarmingsplaat.
2. Voeg aan de warme oplossing 0,5 mL fenolftaleïne toe en titreer met de HCl-oplossing tot de kleur van de indicator verandert (van paars naar kleurloos).
3. Bereken het verzepingsgetal met de formule:

$$S.V. = \frac{56,1 \frac{\text{g KOH}}{\text{mol}} \cdot M \cdot (V_0 - V_1)}{m}$$

- waarbij: M: concentratie van de HCl-oplossing (mol/L), hier 0,500 mol/L  
V<sub>1</sub>: hoeveelheid (mL) HCl toegevoegd bij de titratie  
V<sub>0</sub>: hoeveelheid (mL) HCl om de totale hoeveelheid KOH (25,0 mL) te neutraliseren (zonder vet/olie), hier 25 mL  
m: massa olie/vet (g)