

Basischemie laboratoriumonderwijs



Didactisch concept : Vervoort Boeken
Grafisch ontwerp: uwontwerp.nl Eindhoven
Versie 2019

ISBN 9789464180060
© Vervoort Boeken

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Basischemie voor het laboratorium

Dit boek is het basisdeel van een nieuwe chemiemethode voor het laboratoriumonderwijs. Het bevat de lesstof voor het algemene chemische gedeelte van het kwalificatiedossier analist en laboratoriummedewerker. Deze methode is gemaakt in samenwerking met de docenten van Summa Laboratorium in Eindhoven. Het boek is ontstaan, door de behoefte aan lesmateriaal wat meer aansluit bij de huidige student. Alle hoofdstukken worden ingeleid met leerdoelen. Vervolgens wordt de theorie beknopt aangeboden, vaak met behulp van didactisch uitgekende afbeeldingen. Er wordt gebruik gemaakt van blended learning waardoor de methode vele mogelijkheden biedt voor een studentengroep die gekenmerkt wordt door een grote verscheidenheid in leerstijlen en leervaardigheden. Bij het boek hoort ook een internetsite.

Er is in de methode met name ingegaan op het begrip achter de lesstof. Het invullen van een formule, zonder begrip te hebben van de betekenis en invloed van de gebruikte grootheden, leidt tot minder kritisch leergedrag en uiteraard tot een beperkte constructie van de kennis. Veel aandacht is besteed aan de kwaliteit van de uitwerking van de opgaven, passend bij de beroepshouding van een labmedewerker. In de opgaven zelf is veel differentiatie mogelijk. Hierdoor is er meer uitdaging voor de snellere student en meer oefening mogelijk voor de student die dat nodig heeft. Veel opgaven zijn gelinkt aan de analyses in de praktijkopdrachten van de opleiding. Een overzichtelijke uitwerking en een antwoord met realistische nauwkeurigheid zijn belangrijke criteria.

De echte verwerking van de stof vindt plaats door middel van een grote verzameling opgaven, waarbij vaak via de bijbehorende website verwezen wordt naar applets en filmpjes. Ieder hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal opdrachten met als doel de studenten een eigen samenvatting te laten maken van de ervaren knelpunten. De bijbehorende website bevat ondersteunend materiaal zoals uitwerkingen van opgaven, (YouTube-)filmpjes van allerlei experimenten en stukjes uitleg, applets en quizzen. De internetbronnen zijn zorgvuldig geselecteerd en bevatten een schat aan didactisch materiaal. De filmpjes kunnen via een QR-code ook op een smartphone bekeken worden. Het is aan de docent hoe een en ander georganiseerd wordt.

We wensen je veel studiegenot en succes toe met deze multimediale aanpak.

Eindhoven 2019

Teo Kleintjes, Jos Vervoort, Bas van Rijen, Sim Breukelman

Een bijzonder woord van dank aan alle studenten en docenten van het Summa College voor alle opbouwende kritische opmerkingen.



QR-code voor smartphone

E3.3

Verwijzing naar de site www.vervoortboeken.nl

Inhoudsopgave Basischemie voor het laboratoriumonderwijs

| | | |
|--------------------|--|------------|
| Hoofdstuk 1 | Stoffen | 6 |
| 1.1 | Chemische analyses | 7 |
| 1.2 | Stofeigenschappen | 9 |
| 1.3 | Mengsels en zuivere stoffen | 11 |
| 1.4 | Scheidingsmethoden | 19 |
| 1.5 | Deeltjesmodel | 26 |
| Hoofdstuk 2 | Elementen en verbindingen | 30 |
| 2.1 | De kleinste bouwsteen: het atoom | 31 |
| 2.2 | Moleculen: opgebouwd uit atomen | 34 |
| 2.3 | Chemische reacties | 36 |
| 2.4 | Kloppend maken van reactievergelijkingen | 38 |
| Hoofdstuk 3 | Atoombouw | 43 |
| 3.1 | Inleiding | 44 |
| 3.2 | Opbouw van een atoom | 45 |
| 3.3 | Van atoom naar ion | 50 |
| 3.4 | Valentie-elektronen en het periodiek systeem | 52 |
| Hoofdstuk 4 | Dichtheid en concentraties | 57 |
| 4.1 | Inleiding | 58 |
| 4.2 | Massaconcentratie | 59 |
| 4.3 | Verdunnen | 62 |
| 4.4 | Dichtheid en massaconcentratie | 64 |
| 4.5 | Massapercentage | 67 |
| 4.6 | Volumepercentage | 68 |
| Hoofdstuk 5 | Zouten | 70 |
| 5.1 | Inleiding | 71 |
| 5.2 | Wat zijn zouten en hoe ontstaan ze? | 73 |
| 5.3 | Enkelvoudige en samengestelde zouten | 76 |
| 5.4 | Zouten en water | 80 |
| 5.5 | Oplosbaarheid | 84 |
| Hoofdstuk 6 | Chemisch rekenen 1 | 94 |
| 6.1 | De mol - een rekenheid | 95 |
| 6.2 | De mol - waarom dit aantal deeltjes? | 101 |
| 6.3 | Molariteit | 106 |
| 6.4 | Molrekenen - reactievergelijkingen | 109 |
| Hoofdstuk 7 | Zuren en basen | 121 |
| 7.1 | Inleiding | 122 |
| 7.2 | Wat zijn zuren en waar bestaan ze uit? | 124 |
| 7.3 | Wat zijn basen en waar bestaan ze uit? | 129 |
| 7.4 | Geconjugeerde zuren en basen | 132 |
| 7.5 | Zouten uit zuur-base reacties | 133 |
| 7.6 | Reacties met zwakke zuren en basen | 133 |
| Hoofdstuk 8 | Chemisch rekenen - pH | 137 |
| 8.1 | pH | 138 |
| 8.2 | pOH | 144 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| Hoofdstuk 9 | Chemisch rekenen - titraties | 149 |
| 9.1 | Titraties | 150 |
| 9.2 | Eenvoudige directe titratie | 150 |
| 9.3 | Indicatoren | 154 |
| 9.4 | Stellen van oplossingen | 156 |
| Hoofdstuk 10 | Organische chemie 1 | 159 |
| 10.1 | Inleiding | 161 |
| 10.2 | Aardolie en koolstofchemie | 162 |
| 10.3 | Aardolie en kunststoffen | 165 |
| 10.4 | Alkanen | 166 |
| 10.5 | Alkenen | 171 |
| 10.6 | Alkynen | 175 |
| 10.7 | Naamgeving organische stoffen | 177 |
| 10.8 | Alcoholen | 184 |
| 10.9 | Carbonzuren | 186 |
| 10.10 | Prioriteit karakteristieke hoofdgroepen | 187 |
| 10.11 | Amines, aminozuren en amides | 189 |
| 10.12 | Aldehyden en ketonen | 192 |
| Hoofdstuk 11 | Chemische bindingen | 195 |
| 11.1 | Chemische bindingen | 196 |
| 11.2 | Covalente binding of atoombinding | 196 |
| 11.3 | Intermoleculaire krachten | 205 |
| 11.4 | Gedrag van polaire stoffen | 211 |
| 11.5 | Ionbinding | 213 |
| 11.6 | Metaalbinding | 215 |
| | Index | 217 |

1. Stoffen

1. Stoffen: Wat gaan we leren?

1. Je kunt verschillende fysische en chemische stoffeigenschappen herkennen.
2. Je kunt aangeven of iets een fysische of chemische bepaling (analyse) is.
3. Je weet wat een zuivere stof en een mengsel is en kunt dit toepassen en herkennen.
4. Je kunt het verschil benoemen tussen verschillende soorten mengsels en toepassen.
5. Je kent de namen van verschillende aggregatietoestanden en kunt ze herkennen en toepassen.
6. Je kunt de verschillende scheidingsmethoden onderscheiden.
7. Je kunt fysische principes van scheidingsmethoden benoemen en uitleggen.
8. Je weet hoe je een mengsel kunt scheiden d.m.v. verschillende scheidingsmethoden.
9. Je kunt het verschil herkennen en benoemen tussen kwantitatief en kwalitatief.
10. Je kunt fysische verschijnselen uitleggen m.b.v. het deeltjesmodel van de materie.
11. Je kent het verschil tussen een waarneming en een conclusie.
12. Je kunt een temperatuur omrekenen van °C naar K en omgekeerd.

1.1 Chemische analyses

De chemisch analist

De analist of laborant is de onderzoeker, de persoon die in het laboratorium de bepalingen uitvoert. Vaak ook degene die beslist of een product wel of niet goed is, degene die doorgeeft of er een bepaalde stof wel of niet aanwezig is in een onderzocht monster en eventueel ook hoeveel ervan aanwezig is.



Figuur 1.1 analist

Wat is analyseren?

Analyseren betekent letterlijk *ontleden* (Grieks: analuein = losmaken).

Bij een analyse ga je dus de samenstelling van een monster onderzoeken door het zo ver mogelijk uit elkaar te halen.

De hoofdvragen daarbij zijn.

- Uit welke stoffen bestaat het monster? Dit wordt bepaald met een *kwalitatieve analyse*.
- Hoeveel zit er in van iedere stof? Dit wordt bepaald met een *kwantitatieve analyse*.

Om deze vragen te beantwoorden heeft een mens ten eerste de beschikking over zijn zintuigen: kijken, ruiken en/of proeven (gevaarlijk!). In het meest eenvoudige geval kun je gewoon zien wat er in een bepaald mengsel zit: zand in water is goed waarneembaar. Om te meten hoeveel zand het is moet je dit mengsel *scheiden*. Dat kan in dit geval via *filtreren*.

Of er toevallig ook nog een andere stof is opgelost in het mengsel is niet te zien. Ook weet je niet of er bacteriën of andere micro-organismen aanwezig zijn. Dat betekent dat je die bestanddelen eerst op de een of ander manier *zichtbaar* moet maken.

Bij chemische analyses doe je dat door bijvoorbeeld:

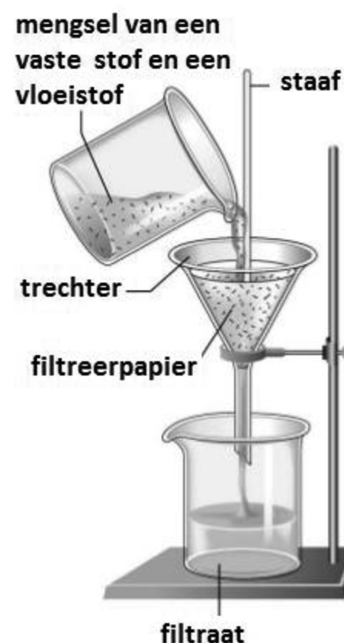
1. een monster fysisch te bewerken door:
 - smelten;
 - stollen;
 - verdampen;
 - condenseren.
2. een monster chemisch laten reageren met andere geschikte stoffen zodat bijvoorbeeld een neerslag ontstaat (zie Figuur 1.4).



Figuur 1.4 chemische reactie



Figuur 1.2 monster



Figuur 1.3 filtreren

Instrumenten

Onze menselijke zintuigen zijn uiterst beperkt bij het uitvoeren van analyses. Daarom hebben mensen *instrumenten* ontwikkeld om onzichtbare zaken zichtbaar te maken of uit andere eigenschappen te achterhalen welke en hoeveel stoffen in een monster zitten.

Een paar voorbeelden zijn:

- **de pH-meter:** hoe zuur is een oplossing?
- **de geleidbaarheidsmeter:** hoe goed geleidt een oplossing een elektrische stroom?
- **de refractometer:** hoeveel wordt het licht gebroken (van richting veranderd) als het door een oplossing valt?
- **de spectrofotometer:** hoeveel licht wordt doorgelaten door een gekleurde oplossing?

Analysemethoden

De moderne instrumentele analysemethoden zijn gebaseerd op principes zoals van bovenstaande instrumenten en worden daarnaar genoemd. Voorbeelden zijn:

- **gravimetrie** (wegen)
- **titrimetrie** (reacties van stoffen)
- **spectroscopie of spectrometrie** (straling)
- **spectrofotometrie** (analyse van licht)
- **chromatografie** (verschillen in oplosbaarheid en aanhechting)
- **elektroforese** (verschil in beweeglijkheid van stoffen)
- **elektrochemie** (verschil in elektrisch gedrag van stoffen)

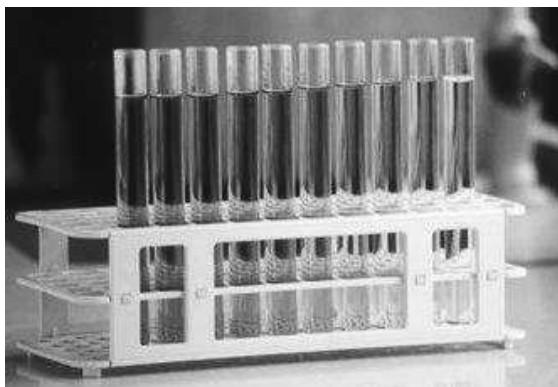
Een paar van deze methoden worden besproken.

Spectrofotometer

Als men wil bepalen hoeveel van een bepaalde stof is opgelost in een monster kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van een *spectrofotometer*.

Je maakt eerst een oplossing met dezelfde stof die het monster bevat. Daarvan weet je dus de concentratie. Van die oplossing maak je een reeks verdunningen met afnemende bekende concentraties.

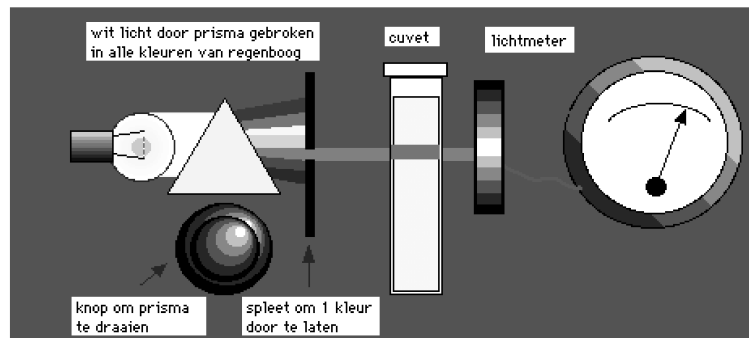
In de verdunningsreeks hieronder zie je een duidelijke afname van de concentratie.



Figuur 1.5 verdunningsreeks

Hoe meer opgeloste stof, hoe meer licht wordt tegengehouden. De spectrofotometer meet met een geschikte kleur licht precies hoeveel licht er door de oplossingen wordt doorgelaten. Deze waarden zet je in een grafiek. Je meet ook het licht dat de

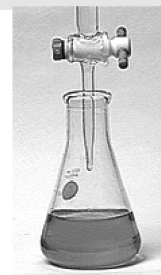
onbekende vloeistof doorlaat. In de grafiek kun je dan de concentratie aflezen of berekenen.



Figuur 1.6 principe spectrofotometer

Titratie

Bij een titratie weet je welke stof aanwezig is in een monster, maar niet hoeveel. Je laat de stof reageren door kleine hoeveelheden bekende vloeistof toe te voegen. Als de kleur verandert kun je uit de toegevoegde hoeveelheid de concentratie in het monster berekenen.



Figuur 1.7

Om te begrijpen hoe deze analyses werken, gaan we eerst bespreken welke eigenschappen stoffen hebben en hoe ze zijn opgebouwd.

1.2 Stofeigenschappen

Als je om je heen kijkt zie je overal voorwerpen en stoffen. De voorwerpen hebben een vorm, een massa en een grootte, maar ook kleuren en soms smaak, geur en andere - vaak niet zo zichtbare - eigenschappen.



Figuur 1.8 voorwerpen



Figuur 1.9



Figuur 1.10

Een goed biertje heeft een heldere gele kleur en een mooie schuimkraag. Het ruikt en smaakt lekker fris. Het bierglas heeft een speciale vorm. Het is van glas, een materiaal dat helder, hard en kleurloos is.

Plastic koffiebekertjes zijn zacht, wit en minder zwaar dan bierglazen.

Veel voorwerpen bestaan uit meer verschillende stoffen. Iedere stof heeft bepaalde en voor die stof kenmerkende eigenschappen. Als je kennis hebt van die stoffeigenschappen weet je hoe je de stoffen kunt gebruiken en ook hoe je voorwerpen na gebruik bijvoorbeeld weer kunt recyclen.

Zintuiglijk waarnemen

Sommige stoffeigenschappen kun je waarnemen met je zintuigen.

- Geur
- Kleur
- Smaak
- *Aggregatietoestand*, dus vast, vloeibaar of gas

aggregatietoestand

Deze waarnemingen zijn subjectief ofwel persoonlijk, want geur, smaak en zelfs kleur kunnen per persoon verschillen.



Figuur 1.11 is dit groen of blauw?

Natuurkundig waarnemen

Omdat onze zintuigen beperkt zijn, hebben mensen meetapparaten uitgevonden om stoffeigenschappen te bepalen. De meting kun je met een getal weergeven. Dit getal wordt een *natuurkundige grootheid* genoemd.

natuurkundige
grootheid

Analyses die getallen als uitslag opleveren zijn *kwantitatieve analyses*.

Voorbeelden zijn: massa, geleidbaarheid, dichtheid, kookpunt, soortelijke warmte, hardheid enzovoort. In BINAS zijn veel van deze grootheden te vinden. Ze worden ook wel fysische constanten genoemd.

Het smeltpunt van water bijvoorbeeld is 273 K ofwel 0,0 °C.

Fysische of chemische verandering

fysische verandering

Het smelten van ijs is een *fysische* (= natuurkundige) *verandering* van de stof. Bij afkoelen in de vriezer wordt het water weer ijs. De natuurkundige eigenschappen van ijs zijn weliswaar anders dan die van water, maar de stof is hetzelfde gebleven. De stof verandert van vast naar vloeistof en omgekeerd. Hetzelfde geldt voor de verandering van vloeistof naar gas en omgekeerd. Dit heet verdampen en condenseren. Fysische veranderingen zijn weer terug te draaien.



Figuur 1.12 smeltende ijsblokjes

chemische verandering

Bij chemische veranderingen is dat vaak moeilijk of soms zelfs onmogelijk. Een bekend voorbeeld is een verbrandingsreactie. Van verbrand hout blijft alleen as over. Het hout is volledig in nieuwe stoffen omgezet.

Verbranding is een *chemische verandering*. Chemische veranderingen kun je niet eenvoudig ongedaan maken.

Alleen de natuur in de vorm van een boom kan weer nieuw hout maken.

Een chemische verandering wordt ook wel een *chemische reactie* genoemd.



Figuur 1.13 bosbrand

chemische reactie

Opgave 1.1 Stofeigenschappen en zintuigen

Welke vier stofeigenschappen kun je met je zintuigen waarnemen?

Opgave 1.2 Fysische constanten

- Van een gas is de dichtheid gemeten van $0,72 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ en een kookpunt van 112 K. Welk gas zou dit kunnen zijn? Gebruik BINAS Tabel 11 en 12.
- Zoek op hoe groot de dichtheid en het kookpunt van methanol zijn. Is dit ook een gas bij kamertemperatuur?

Opgave 1.3 Fysisch of chemisch?

Welke van de volgende processen zijn fysisch en welke chemisch?

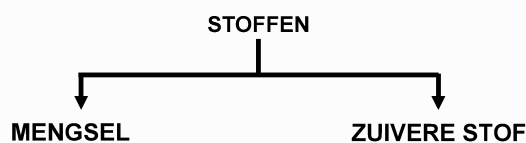
- Drogen van wasgoed.
- Stollen van kaarsvet.
- De vlam van een kaars.
- Zuur worden van melk.
- Groen worden van koperen voorwerpen.



Figuur 1.14

1.3 Mengsels en zuivere stoffen

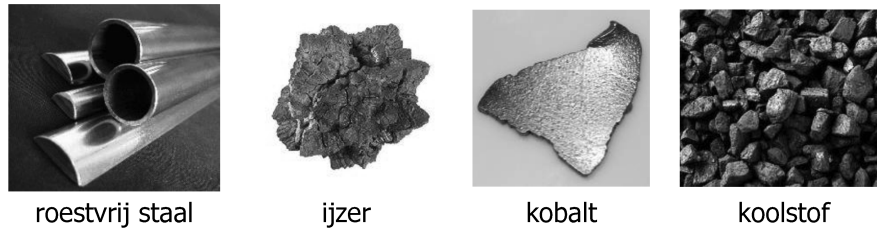
mengsel De meeste voorwerpen bestaan uit stoffen die *mengsels* zijn van andere stoffen. Als een stof geen mengsel is, moet het een *zuivere stof* zijn.



Figuur 1.15

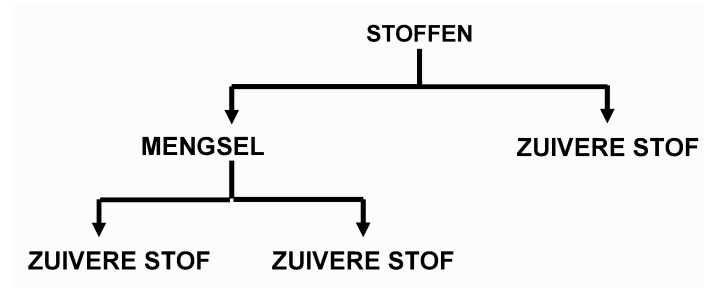
zuivere stof Zuivere stoffen bestaan maar uit één soort "deeltjes".

Een stuk roestvrij staal is een mengsel van ijzer, kobalt en koolstof. IJzer, kobalt en koolstof zijn op hun beurt weer zuivere stoffen.



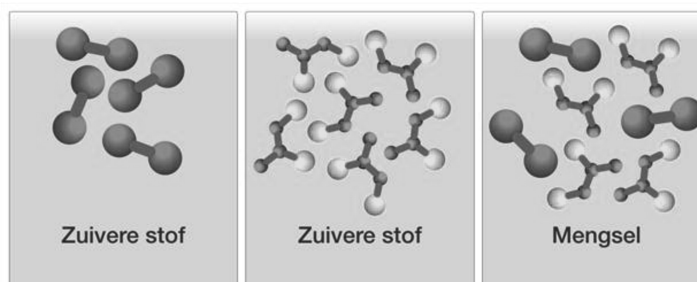
Figuur 1.16

In een schema kun je dit weergeven.



Figuur 1.17

In een plaatje:



Figuur 1.18 zuivere stoffen en mengsels

Opgave 1.4 Mengsels

- Zoek de samenstelling op van het mengsel roestvrij staal, gebruik tabel 9 van BINAS.
- Hoe wordt een mengsel van metalen blijkbaar genoemd?

Opgave 1.5 Mosterd

VERDIEPING

Op het etiket van deze mosterd staat:



Figuur 1.19

Ingrediënten: water, MOSTERDZAAD, natuurazijn, zout, rode wijnazijn, voedingszuur: citroenzuur, antioxidant: E224 (bevat SULFIET).

Welke ingrediënten zijn zuivere stoffen en welke zijn op hun beurt ook weer een mengsel?

Definitie van een zuivere stof

Een zuivere stof is in de chemie een chemische stof met een aantal specifieke, constante stoffeigenschappen, zoals smeltpunt, kookpunt, dichtheid en oplosbaarheid (in water bijvoorbeeld).

Indelingen van mengsels

Mengsels kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld.

Een eerste indeling is:

- homogeen;
- heterogeen;
- colloïdaal: een vorm tussen homogeen en heterogeen.

homogeen mengsel

In een *homogeen mengsel* zijn de stoffen perfect door elkaar gemengd. Je kunt de bestanddelen niet meer van elkaar onderscheiden, ook niet onder een microscoop. Het mengsel heeft dan overal dezelfde samenstelling. Het maakt dan niet uit op welke plek in het mengsel je een monster zou nemen. Soorten homogene mengsels zijn:



Figuur 1.20 messing scharnier

Tabel 1.1 Soorten homogene mengsels

| Naam | Beschrijving | voorbeeld |
|-------------------------|--|------------------|
| <i>Oplossing</i> | een heldere vloeistof waarin stoffen zijn opgelost | suikerwater |
| <i>Vloeistofmengsel</i> | een helder mengsel van mengbare vloeistoffen | alcohol en water |
| <i>Gasmengsel</i> | elk mengsel van gassen | lucht |
| <i>Legering</i> | een mengsel van metalen | messing |

heterogeen mengsel

Mengsels kunnen uit vaste stoffen bestaan, maar ook uit vloeistoffen en/of gassen en combinaties daarvan. Dit noemt men een *heterogeen mengsel*. Dit soort mengsels heeft dan vaak ook aparte namen. De eerste twee in de tabel moet je in ieder geval kennen.



Figuur 1.21 chocolademelk

Tabel 1.2 Soorten heterogene mengsels

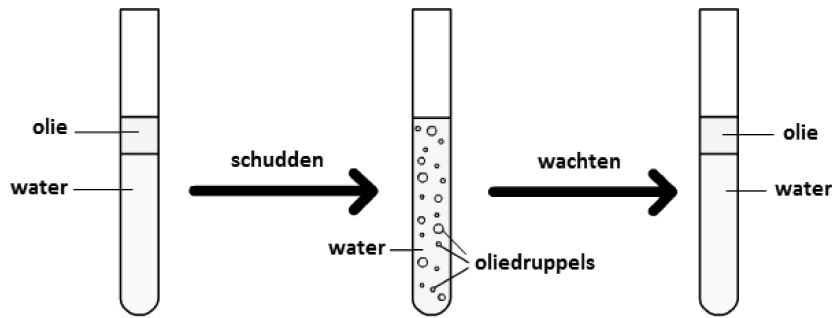
| Naam | Beschrijving | voorbeeld |
|--------------------------|--|-------------------------------------|
| <i>Suspensie</i> | een troebele vloeistof waarin een vaste stof zweeft | bloed, cacao in chocolademelk |
| <i>Emulsie</i> | een, vaak ondoorzichtig, troebel mengsel van niet-mengbare vloeistoffen | mayonaise, melk |
| <i>Grof mengsel</i> | een mengsel van verschillende vaste stoffen | zand |
| <i>Pasta¹</i> | een vaste stof waardoor een vloeistof is gemengd | tandpasta |
| <i>Rook</i> | een ondoorzichtig mengsel van een fijne vaste stof in een gas | sigarettenrook walm van een vlam |
| <i>Nevel</i> | een ondoorzichtig mengsel van fijne vloeistofdruppeltjes in een gas | mist, wolken |
| <i>Schuim</i> | een ondoorzichtig mengsel van gasbellen in een vaste stof of een vloeistof | bierschuim, piepschuim |



Figuur 1.22 een nevel

Olie en water mengen niet, maar de olie drijft op het water. Door schudden kun je tijdelijk een emulsie krijgen, maar al snel drijft alle olie weer boven.

¹ Tussen een suspensie en een pasta bestaat geen duidelijk verschil



Figuur 1.23

- emulgator**
- Door een *emulgator* toe te voegen ontstaat een blijvende emulsie. Een mooi voorbeeld is mayonaise, waarin het ei-egeel als emulgator fungeert voor olie en azijn (een oplossing van azijnzuur in water).
 - De chemische werking van een emulgator wordt elders in dit boek verklaard.



Figuur 1.24 mayonaise

Opgave 1.6 Welke soort mengsel?

Beantwoord van onderstaande stoffen de volgende vragen:

- is het een mengsel of zuivere stof?
 - is het mengsel homogeen of heterogeen?
 - tot welke soort behoort het mengsel?
- | | | | |
|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| a. wijn | b. suiker | c. schuimrubber | d. cementpoeder |
| e. yoghurt | f. cola | g. frituurvet | h. lucht |

Opgave 1.7 Legeringen

- a. Welke samenstelling heeft de legering messing? Gebruik tabel 9 in BINAS.

Een legering bestaat uit ijzer en nikkel.

- b. Hoe heet deze legering?
c. Welke samenstelling heeft hij?

Opgave 1.8 Bloed

VERDIEPING

Lees de tekst.

Bloed bestaat uit:

1. bloedplasma (55%)
2. bloedcellen (rode en witte) en bloedplaatjes (45%).

Bloedplasma bestaat voor 90% uit water met daarin opgeloste eiwitten en zouten. Bloedplasma speelt tezamen met de bloedplaatjes een rol bij de bloedstolling. Rode bloedcellen hebben geen celkern en kunnen door middel van een eiwit genaamd hemoglobine zuurstof opnemen en afgeven. (hemoglobine bevat ijzerzouten) Witte bloedcellen bevatten een celkern en hebben geen vaste vorm. Ze hebben een functie bij het vernietigen van ziekteverwekkers zoals bacteriën

- a. Wat voor soort mengsel is bloed?
- b. Wat voor soort mengsel is bloedplasma?
- c. Wat voor soort mengsel vormen de bloedcellen?

Fasen en faseovergangen

fasen
aggregatietoestand

We hebben gezien dat heterogene mengsels uit allerlei combinaties van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen kunnen bestaan. Zuivere stoffen en mengsels kunnen op zichzelf ook vast, vloeibaar of gasvormig zijn. Deze toestanden heten de *fasen* van een stof. We kennen hiervoor ook de term *aggregatietoestand*.

Het bekendste voorbeeld is natuurlijk water.



vast water is ijs



vloeibaar water

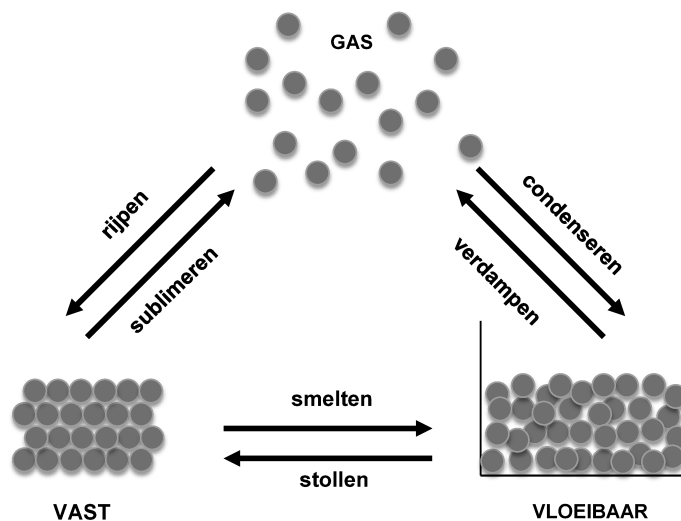


gasvormig water is on-
zichtbaar

Figuur 1.25 water in verschillende aggregatietoestanden

faseovergangen

Of water vast, vloeibaar of gasvormig is, hangt af van de omgevingstemperatuur. Ijs smelt bij 0 °C en water kookt bij 100 °C. De *faseovergangen* kun je in een schema weergeven, zie Figuur 1.26. Bij iedere overgang moet energie toe- of afgevoerd worden.

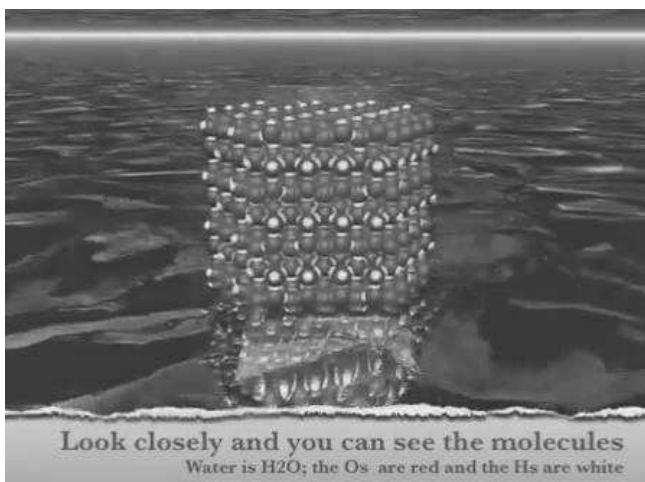


Figuur 1.26 faseovergangen

Opgave 1.9 Smelten op deeltjesniveau

Bekijk de simulatie in Figuur 1.27

E1.1



Figuur 1.27 simulatie van smeltend ijs

- Hoe zie je dat water een zuivere stof is?
- Waarom kost het energie om ijs te smelten?
- Wat is smelten dus eigenlijk op deeltjesniveau?

Opgave 1.10 Stoom

Bekijk Figuur 1.28.

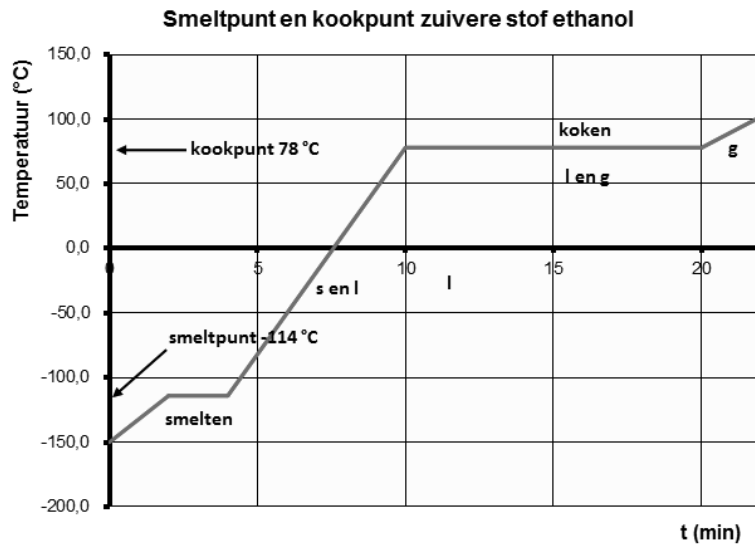
- Wat zie je uit de ketel komen?
- Beschrijf welke faseovergangen bij dit proces betrokken zijn.



Figuur 1.28

Smeltpunt en kookpunt

Water is een zuivere stof en zuivere stoffen hebben een smelt- en kookpunt. Mengsels van zuivere stoffen hebben een kooktraject. De hierop gebaseerde scheidingsmethode heet *destillatie*. Alcohol en water kunnen op deze manier gescheiden worden. In Figuur 1.29 zie je een grafiek van het smelten en koken van een hoeveelheid zuivere ethanol m.b.v. een verwarmingselement. De temperatuur is weergegeven als functie van de tijd.



Figuur 1.29 smelt- en kookgrafiek van een zuivere stof

De letters staan voor:

- s solid (= vaste stof)
- l liquid (= vloeibaar)
- g gas (gaseous = gasvormig)

Opgave 1.11 Smelten en koken van een zuivere stof

- a. Hoe zie je in de grafiek van Figuur 1.29 dat er meer warmte nodig is om de vloeistof te verdampen dan om de vloeistof op te warmen van -114 °C tot 78 °C ?
- b. Zoek in BINAS het smeltpunt op van ethanol en controleer of de omrekening van K (kelvin) en graden celsius ($^{\circ}\text{C}$) klopt.
- c. Wat kost meer energie? Smelten of koken? Leg uit hoe je dat ziet in de grafiek.

Opgave 1.12 Smelten en koken van een zuivere stof

VERDIEPING

- a. Zoek in BINAS de smeltwarmte, soortelijke warmte en verdampingswarmte op van ethanol en controleer zo antwoord van a van opgave 1.11.

Opgave 1.13 Aggregatietoestanden

Welke aggregatietoestand hebben de volgende zuivere stoffen bij de genoemde temperatuur? Reken de temperaturen om naar kelvin.

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| a. Ammoniak bij 20 °C | c. Propana bij 20 °C . |
| b. Terpentijn bij -40 °C | d. Kwik bij -50 °C . |

Smelttraject en kooktraject

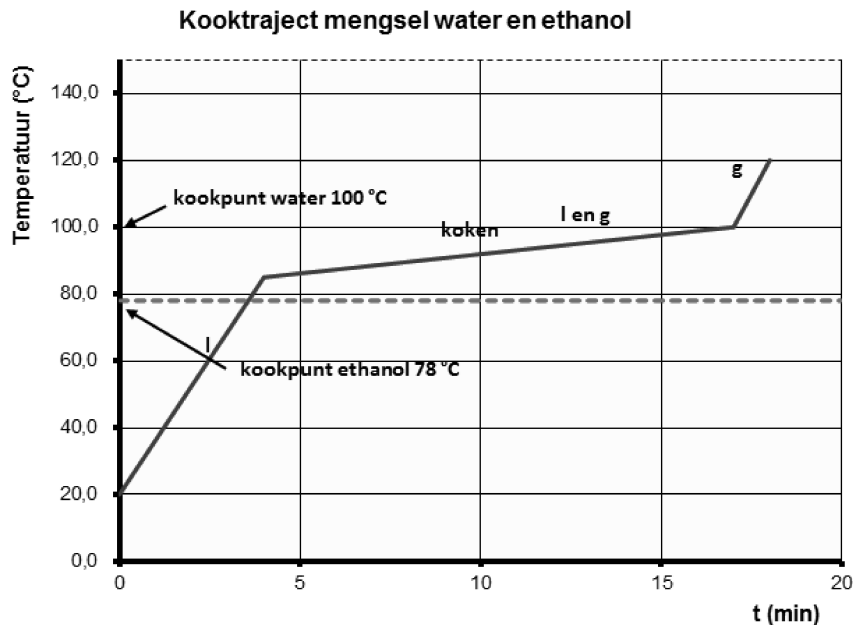
Een mengsel van water en ethanol heeft geen smeltpunt en kookpunt maar een smelttraject en kooktraject.

Omdat tijdens het koken de samenstelling van het mengsel verandert (er zal meer ethanol verdampen dan water) zal ook het kookpunt van het mengsel veranderen.

Opgave 1.14 Mengsel van alcohol en water

VERDIEPING

- a. Tussen welke twee temperaturen zal het kooktraject lopen van een water-alcohol mengsel? Zie Figuur 1.30. Geef beide temperaturen ook in Kelvin.



Figuur 1.30 kooktraject van een mengsel

- b. Wat is er aan de hand als het kookpunt van de vloeistof een temperatuur van 100 °C heeft bereikt?

Opgave 1.15 Andere mengsels

Als analist krijg je een monster van een onbekende vloeistof.

- Hoe zou je door verwarmen vast kunnen stellen of je met een zuivere stof of een mengsel te maken hebt?
- Tussen welke temperaturen in °C start het kooktraject van een mengsel van de vloeistoffen methanol en ethanol?
- Tot welke temperatuur loopt dit kooktraject?

In BINAS staat dat het kookpunt van spiritus (95%) van 351 K eigenlijk een traject is.

- Waarom zou dat zo zijn? Wat is de andere 5%?
- Tussen welke temperaturen in °C start het smelttraject van de legering invar?
- Tot welke temperatuur in °C loopt het smelttraject van de legering invar?

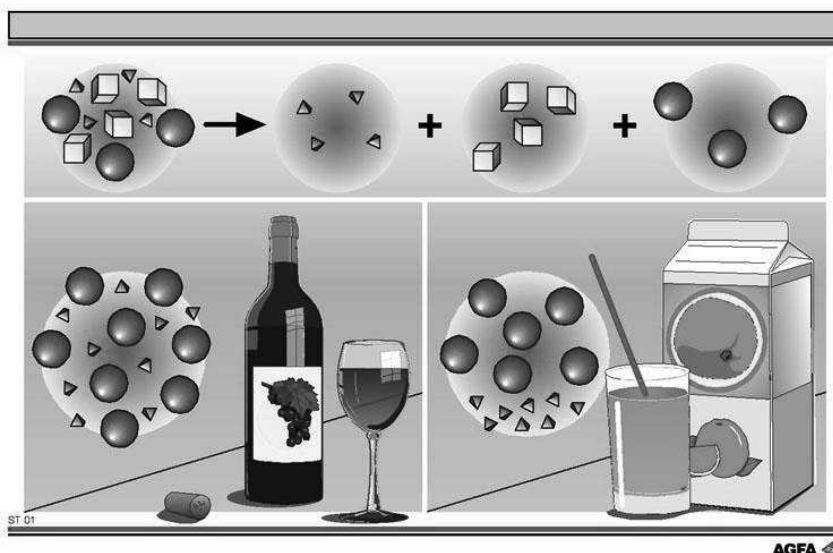


Figuur 1.31 blokjes invar

1.4 Scheidingsmethoden

In een lab is het vaak nodig om een mengsel te scheiden in een of meer componenten. Bij productieprocessen in de proces- en voedingsindustrie zijn scheidingsmethoden nodig om bijvoorbeeld verontreinigingen te verwijderen.

In Figuur 1.32 zie je wijn als homogeen mengsel en sinaasappelsap als heterogeen mengsel



Figuur 1.32 scheiden in componenten

Scheidingsmethoden zijn gebaseerd op het verschil in stoffeigenschappen van de componenten.

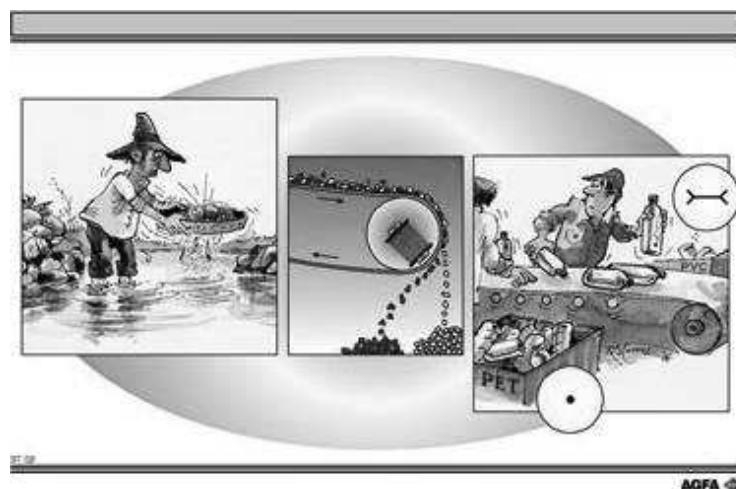
Dat zijn eigenschappen als: deeltjesgrootte, dichtheid, kookpunt, smeltpunt, oplosbaarheid, fase, enzovoort. Scheidingsmethoden zijn fysische processen, want de deeltjes blijven intact. Deze methoden verschillen natuurlijk per soort mengsel.

We bespreken de belangrijkste scheidingsmethoden op basis van de soorten mengsels.

Tabel 1.3 Soorten mengsels

| aggregatietoestand | heterogeen | homogeen |
|-----------------------|--------------|------------|
| vast + vloeibaar | suspensie | oplossing |
| vloeibaar + vloeibaar | emulsie | oplossing |
| vast + vast | grof mengsel | legering |
| vast + gas | rook | lucht |
| vloeibaar + gas | nevel | oplossing |
| gas + gas | | gasmengsel |

Scheiding heterogeen mengsel vast + vast



Figuur 1.33 scheiden van een grof mengsel

Links in Figuur 1.33 wordt het goud gescheiden van de modder door middel van een zeef.



Deze techniek wordt ook toegepast bij het analyseren van deeltjes naar grootte. Men gebruikt dan op laboratoriumschaal een trilzeef. Deze trilzeef is opgebouwd uit een serie zeven met verschillende maasgrootte.

In het midden van Figuur 1.33 worden magnetische materialen gescheiden van niet-magnetische materialen. Dit gebeurt door middel van een elektromagneet.

Rechts in Figuur 1.33 worden diversen soorten plastic met de hand gescheiden.

Scheiden heterogeen mengsel vloeistof + vast

Bezinken en centrifugeren



Figuur 1.36 bezinken

Bezinken is gebaseerd op het verschil in dichtheid van stoffen. Een suspensie zoals modder of chocomelk kan uitzakken. De vaste stof zinkt naar de bodem.

Dit is ook een van de methoden die gebruikt worden bij afvalwaterzuivering. In bezinktanks worden grotere organische deeltjes en zand uit het water verwijderd.

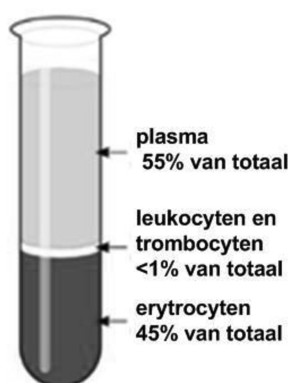


Figuur 1.35 afvalwaterzuivering

Bezinken is een traag proces. In een lab wordt voor kleinere hoeveelheden de methode *centrifuger*en gebruikt bijvoorbeeld voor bloedonderzoek.



Figuur 1.37 bloedcentrifuge



Opgave 1.16 Schoonmaak

VERDIEPING

Een heel bijzondere manier om vloeistof en vaste stof te scheiden is bedacht door de Nederlander Boyan Slat. Hij heeft het bedrijf "The OCEANCLEANUP" opgericht en wil zijn methode gebruiken voor de grootste schoonmaak in de geschiedenis.

E1.2



Figuur 1.38 OceanCleanUp

Bekijk de website en beschrijf hoe de scheiding in zijn werk gaat.

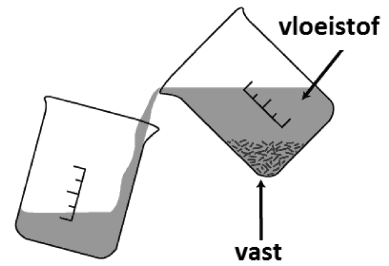
Opgave 1.17 Centrifuge

Waarom gaat het bezinken sneller in een bloedcentrifuge?

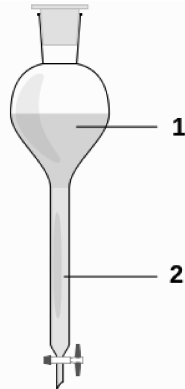
Decanteren

Na het bezinken of centrifugeren moeten de stoffen nog gescheiden worden. Dit kan door afgieten of decanteren. De vloeistof wordt voorzichtig afgegoten. Het bezinksel blijft achter.

Decanteren wordt ook gebruikt bij het scheiden van heterogeen mengsel van twee vloeistoffen met verschillende dichtheid.



Figuur 1.39 decanteren



Figuur 1.40 scheitrechter

Deze techniek wordt ook toegepast bij het scheiden van vloeistoffen die niet goed mengen en een verschillende dichtheid hebben. Men gebruikt dan een *scheitrechter*.

Na enige tijd zal de vloeistof met de grootste dichtheid naar beneden zakken. Deze kan dan via een kraantje onder aan de scheitrechter afgevoerd worden.

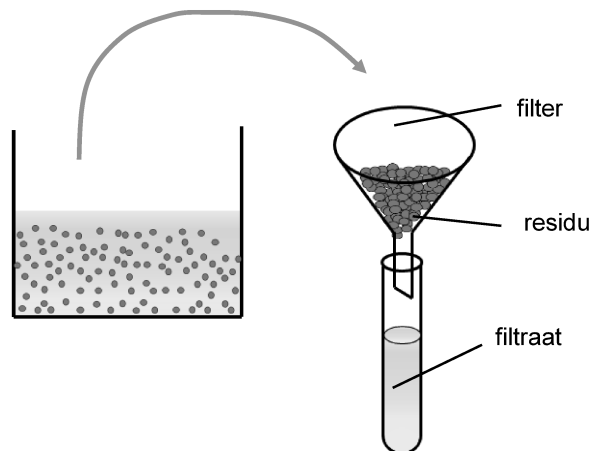
Vloeistof 1 heeft een kleinere dichtheid dan vloeistof 2.

Opgave 1.18 Scheitrechter

Zie Figuur 1.40. Welke vloeistof heeft de kleinste dichtheid?

Filtratie

Een suspensie kan ook gefiltreerd worden. Hier wordt gebruik gemaakt van het verschil in deeltjesgrootte van de componenten van een mengsel.



Figuur 1.41 filtreren

Bekende voorbeelden van filtratie zijn een koffiefilter en het scheiden van zand en water.



Om het proces te versnellen gebruikt men op het lab hiervoor een *Büchner trechter*. Op de bodem van de trechter komt filterpapier. De slang gaat naar een waterstraal-pomp die een onderdruk in de afvoerbuis maakt.

Figuur 1.42 Büchner trechter

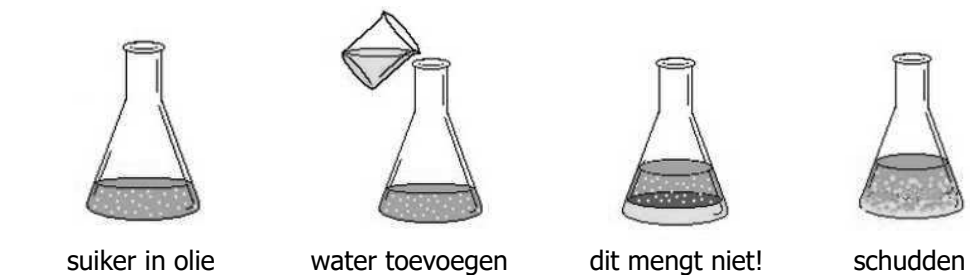
Filtratie kan ook gebruikt worden om lucht te zuiveren van de vaste deeltjes, zoals stof, die in de lucht zweven.

Opgave 1.19 Mengsel

Bekijk Figuur 1.41 en leg in eigen woorden uit wat de termen filter, residu en filtraat betekenen.

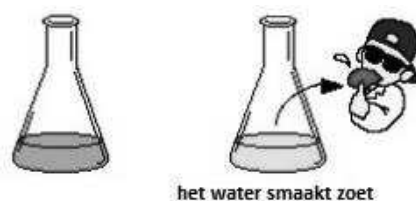
Extractie

Extraheren (onttrekking) is gebaseerd op het verschil in oplosbaarheid van stoffen. Een voorbeeld: we willen een mengsel van suiker en olie (lekker op de sla!) scheiden. Filtreren kan niet want de suikerdeeltjes zijn te klein en misschien zelfs wel een beetje opgelost in de olie. Maar suiker is wel goed oplosbaar in water. De procedure staat in Figuur 1.43.



Figuur 1.43

Door het schudden lost de suiker op in het water. Na even wachten kun je de olielaag en waterlaag scheiden.



Figuur 1.44

Je hebt de suiker met het water geëxtraheerd uit de olie. Het water is het extractie-middel.