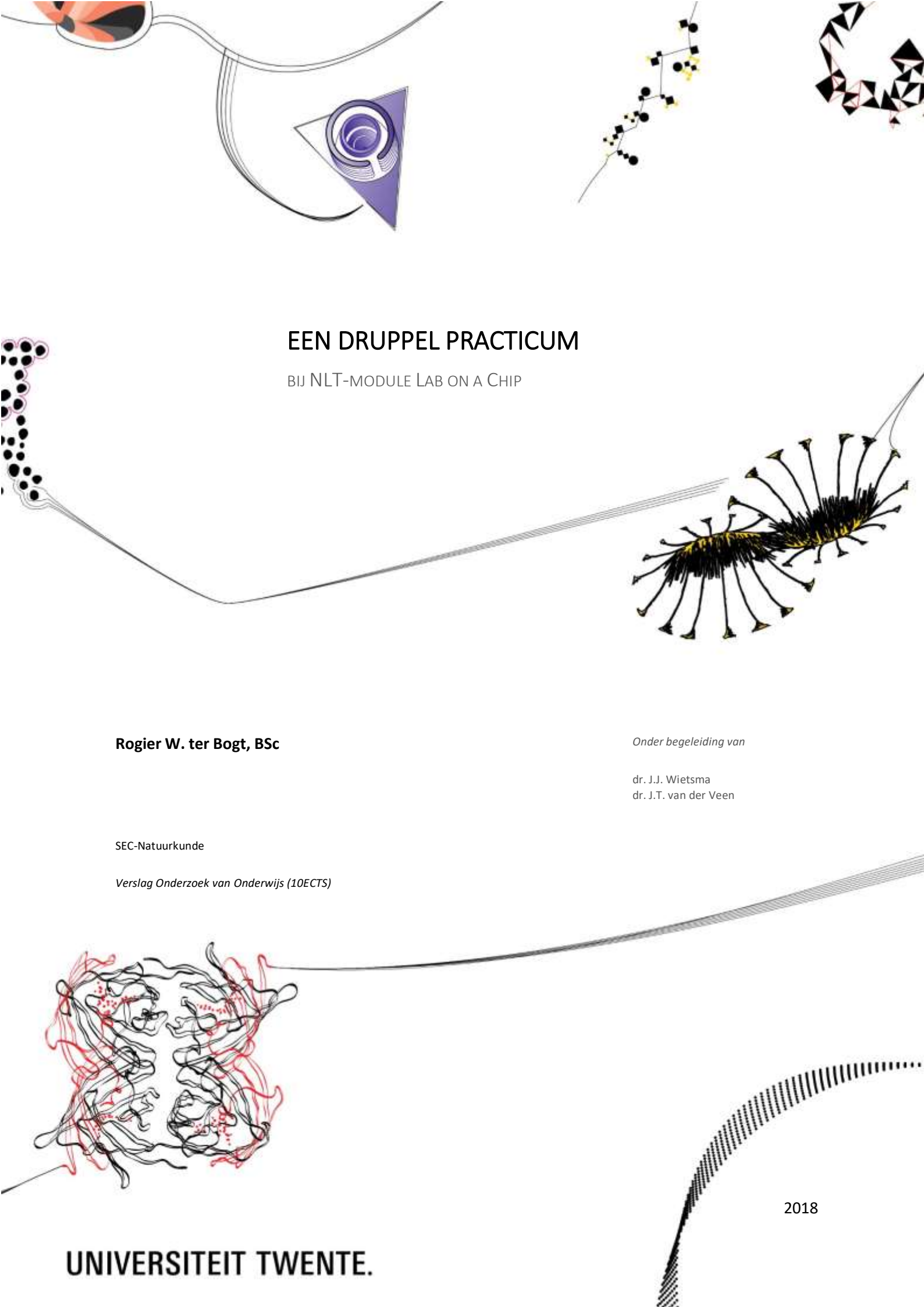




# EEN DRUPPEL PRACTICUM

BIJ NLT-MODULE LAB ON A CHIP

**Rogier W. ter Bogt, BSc**

*Onder begeleiding van*

dr. J.J. Wietsma  
dr. J.T. van der Veen

SEC-Natuurkunde

*Verslag Onderzoek van Onderwijs (10ECTS)*

2018



# INHOUDSOPGAVE

|                                        |               |
|----------------------------------------|---------------|
| <b>Inleiding .....</b>                 | <b>2</b>      |
| NLT-module Lab on a Chip .....         | 2             |
| Het verslag .....                      | 2             |
| <br><b>Theoretisch kader .....</b>     | <br><b>4</b>  |
| De kracht van het practicum .....      | 5             |
| Samenwerkend leren.....                | 5             |
| Practicum beoordelen .....             | 5             |
| <br><b>Ontwerpeisen .....</b>          | <br><b>7</b>  |
| Het ontstaan van de eisen .....        | 7             |
| Het ontstaan van druppels.....         | 7             |
| Relevante context.....                 | 7             |
| Vaardigheden .....                     | 7             |
| Kosten .....                           | 7             |
| Uitvoerbaarheid en voorbereiding ..... | 8             |
| Leerdoelen .....                       | 8             |
| <br><b>Methode .....</b>               | <br><b>9</b>  |
| Het begin.....                         | 10            |
| Eerste afslag .....                    | 10            |
| Context.....                           | 11            |
| Meetbaarheid.....                      | 11            |
| Doel van het practicum.....            | 12            |
| Practicum testronde .....              | 12            |
| Tweede practicum .....                 | 12            |
| <br><b>Ontwerpen .....</b>             | <br><b>14</b> |
| Practicum ontwerp 1 .....              | 14            |
| Practicum ontwerp 2 .....              | 17            |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Opstelling.....                                                     | 18        |
| <b>Resultaten .....</b>                                             | <b>19</b> |
| Practicum 1 Druppelchip .....                                       | 19        |
| Practicum 2 Druppels .....                                          | 21        |
| <b>Conclusie .....</b>                                              | <b>25</b> |
| Practicum Druppelchip .....                                         | 25        |
| Practicum Druppels .....                                            | 25        |
| <b>Discussie .....</b>                                              | <b>26</b> |
| Practicum 1 Druppelchip .....                                       | 26        |
| Evaluatie .....                                                     | 28        |
| Practicum 2 druppels.....                                           | 28        |
| <b>Dankwoord.....</b>                                               | <b>30</b> |
| <b>Referenties .....</b>                                            | <b>31</b> |
| <b>Appendix A Getting practical .....</b>                           | <b>33</b> |
| <b>Appendix B Labjournaal.....</b>                                  | <b>34</b> |
| <b>Appendix C practicum druppelchip.....</b>                        | <b>35</b> |
| <b>Appendix D docenthandleiding .....</b>                           | <b>45</b> |
| <b>Appendix E Practicum Druppels .....</b>                          | <b>46</b> |
| <b>Appendix F Docenthandleiding.....</b>                            | <b>60</b> |
| <b>Appendix G Expert review .....</b>                               | <b>61</b> |
| <b>Appendix H Uitwerkingen Practicum Druppels testgroep 3.....</b>  | <b>63</b> |
| <b>Appendix I Uitwerkingen Practicum Druppels testgroep 4 .....</b> | <b>69</b> |
| <b>Appendix J Alternatief .....</b>                                 | <b>82</b> |





# INLEIDING

Gedurende de periode dat ik werkzaam was voor Pre-U (toen nog Twente Academy) binnen het leerlingenlab van de Universiteit Twente, heb ik regelmatig met leerlingen gewerkt met de Lab on a chip koffer binnen de Natuur Leven en Technologie (NLT)-module Lab on a Chip. De koffer bevat allerlei chips waarmee de basis principes van Lab on a Chip zichtbaar gemaakt kunnen worden. Uit de ervaringen van het werken met de lab on a chip koffer in het Leerlingenlab en eigen onderzoek dat gedaan is bij de vakgroep BIOS-Lab on a Chip is het idee voor dit onderzoek gekomen.

Gedurende het werk binnen het Leerlingenlab liepen we, Dhr. Wietsma en ondergetekende, tegen het probleem aan dat leerlingen en leraren geen gebruik maakten van de druppelchip. Om scholen efficiënter gebruik te laten maken van de koffer is in overleg met Dhr. Wietsma gekozen om een practicum te ontwikkelen, speciaal voor de druppelchip. Hieruit is het plan voort gekomen om voor het vak Onderzoek van Onderwijs aan de Universiteit Twente, een practicum te ontwikkelen, specifiek om de druppelchip te gebruiken.

## NLT-MODULE LAB ON A CHIP

Scholen kunnen binnen het vak NLT kiezen voor de module Lab on a Chip. Deze module biedt de leerlingen een inkijk in het nog jonge onderzoeksveld (Whitesides, 2006) van de laboratoria op een chip formaat van enkele centimeters. De actualiteit van het onderwerp van deze module maakt het voor leerlingen extra interessant om er mee aan de slag te gaan. Het onderzoek naar toepassingen met lab on a chip haalt immers sinds kort het nieuws (Wagenaar et al., 2016, Elshout, 2016). Enkele voorbeelden van toepassingen zijn: een diabetes patiënt die zijn bloedsuiker spiegel controleert door een druppeltje bloed op een lab on a chip te leggen (Merkerk, 2005), het meten van het lithium gehalte in het bloed van mensen met stemmingswisselingen (Floris et al., 2010) en een kwaliteitsbepaling van sperma (Wagenaar et al. 2016, Segerink et al. 2010). De leerlingen ontdekken in de module dus de basis van de lab on a chip. In een zoektocht naar alternatieven die een vergelijkbaar doel bereiken, blijkt er weinig onderwijsmateriaal beschikbaar te zijn. Een voorbeeld van bestaand materiaal is het 'lab o chip' spel van de Rijksuniversiteit Groningen (2016) waarbij leerlingen op een interactieve wijze uitleg krijgen over de werking van lab on a chip. Genoeg aanleiding om het voorgenomen plan tot uitwerking te laten komen.

## HET VERSLAG

In dit verslag is het onderzoek naar een practicum, ter aanvulling van de NLT-module Lab on a Chip, uiteengezet. Het verslag begint met een theoretisch kader, waarin wordt uitgelegd waar de leerlingen zich in de NLT-module zoal mee bezig houden, wat de waarde is van een practicum voor de ontwikkeling van de leerlingen en hoe de kwaliteit van het in dit onderzoek ontwikkelde practicum gecontroleerd wordt.

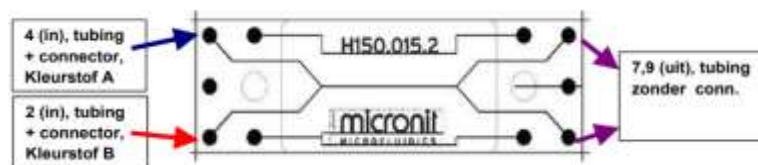
Hierna volgen de ontwerpeisen en methode, waarin respectievelijk de eisen die aan het practicum gesteld worden zijn uiteengezet en de manier waarop het practicum tot stand is gekomen belicht wordt, vervolgens wordt het daaruit voortgekomen practicum getoond en de resultaten die uit de testen voortgekomen zijn. Als afsluiter zal worden teruggeblikt op het geheel in de conclusie en discussie.



## THEORETISCH KADER

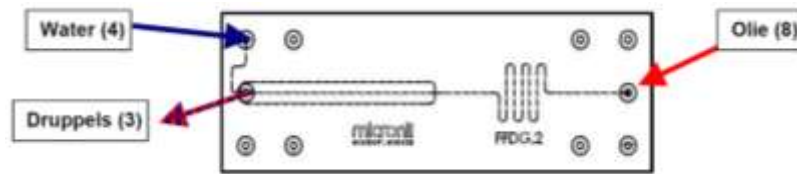
De lab on a chip begint vanuit het onderzoek in het dagelijks leven terecht te komen. Zo maken bijvoorbeeld diabetes patiënten er gebruik van om hun bloedsuiker niveau te bepalen. De toepassingen van een lab on a chip lopen uiteen, maar de basisgedachte voor elke nieuwe toepassing blijft hetzelfde: verklein de schaal, verminder de gebruikskosten en het afval dat voortvloeit uit het gebruik ten opzichte van de conventionele technologie. Een ander bijkomend voordeel van lab on a chip is de kleine maat van de benodigde monsters. Waar vroeger voor de analyse van bloed een behoorlijke vlek nodig was, is tegenwoordig een druppeltje zo groot als een speldenknop voldoende.

De nano- en microfluidica die ten grondslag ligt aan de lab on a chips maakt gebruik van extreem kleine volumes om metingen te doen. Hoe dit werkt en waar een onderzoeker rekening mee moet houden leren de leerlingen in de module Lab on a Chip bij het vak NLT. Deze module neemt de leerlingen mee op reis door het beginstadium van de ontwikkelingen omtrent de lab on a chips (Wietsma et al., 2015). De module legt enkele veel gebruikte ontwerpen uit en geeft voorbeelden van toepassingen. In de module wordt onder andere de H-chip besproken, een chip bestaande uit twee ingangen, uitkomend op een y-splitsing die zijn weg vervolgt door één kanaal om vervolgens weer te splitsen naar twee uitgangen. Het is een symmetrisch systeem dat wat lijkt weg te hebben van de letter H, zie **Error! Reference source not found.1**. Deze chip wordt gebruikt om diffusie en laminaire stroming aan te tonen. Begrippen die tastbaar en inzichtelijk zijn voor leerlingen, maar zeer essentieel om bewust van te zijn voor het ontwerpen van een functionerende chip. Vervolgens kan de leerling dan zelf met de koffer aan de slag en deze chips aan de hand van een handleiding



uitproberen.

FIGUUR 1 FIGUUR 2 AFBEELDING VAN DE H-CHIP (WIETSMA ET AL. 2015). DE INVOEREN BESTAAN UIT TWEE WATERFASEN MET ELK EEN EIGEN KLEURSTOF. DE UITVOEREN BESTAAN UIT WATERFASEN MET DE GEMENGDE KLEUREN.



FIGUUR 2 AFBEELDING VAN DE FOCUSED FLOW DRUPPEL GENERATOR (FFDG) (WIETSMA ET AL. 2015). DE INVOEREN BESTAAN UIT EEN WATERFASE DIE GESPLITST WORDT IN TWEEËN EN EEN OLIEFASE. DE UITVOER BESTAAT UIT EEN WATERFASE MET DAARIN OLIEDRUPPELS.

Een zelfde handleiding is binnen de module beschikbaar voor een druppelchip, getoond in Figuur 2. Deze chip configuratie stelt ons in staat om gelijkmatig druppels te maken (Van Hoeve et al., 2011), iets dat met de hand erg lastig is. In deze chip ontstaan olie druppels in water. Het proces van het ontstaan van de druppels ervaren de leerlingen en docenten als erg lastig te verklaren. Ze vragen om meer inzicht in het proces. Dit kan doormiddel van een practicum geboden worden, wat de voordelen hiervan zijn wordt op de volgende pagina behandeld.

## DE KRACHT VAN HET PRACTICUM

Uit onderzoek dat Van der Berg en Buning publiceerden in 1994 blijkt de doelstelling van een practicum onder andere het motiveren van leerlingen of het leren onderzoeken met behulp van instrumenten kan zijn. Verder blijkt uit hetzelfde onderzoek dat het practicum geen duidelijk betere leerprestaties laat zien dan andere leermethodes. De kracht van het practicum is volgens Van der Berg en Buning namelijk het gebruik van apparatuur, meettechnieken en het kunnen leiden tot een betere motivatie.

Van der Berg en Buning denken dat de oorzaak van het minimale voordeel dat een practicum heeft op andere werkvormen, ligt bij de docenten. Zij stellen dat de docenten vaak hun didactiek slecht uitgedacht hebben.

## SAMENWERKEND LEREN

Een andere mogelijke kracht van een practicum is samenwerkend leren. De meerwaarde van samenwerkend leren voor de ontwikkeling van de leerling is onderzocht door Johnson en Johnson (1999). In hun onderzoek hebben ze gekeken naar de verschillende manieren van samenwerken. Hieruit blijkt dat naar een gezamenlijk doel toe werken met gelijke beloning een goede manier is om de sociale en mentale ontwikkeling van de leerling te bevorderen. Voldoende aanleiding om een practicum in tweetallen uit te laten voeren en één gezamenlijk verslag te laten maken. Om van het practicum een succes te maken is er meer nodig dan alleen de juiste opzet. Docenten en leerlingen moeten de juiste mindset hebben en het doel van het practicum moet vooraf duidelijk zijn om de motivatie op het juiste peil te krijgen, aldus Johnsons en Johnson.

## PRACTICUM BEOORDELEN

Om de kwaliteit van het practicum te beoordelen wordt gebruik gemaakt van de evaluatie tabel 'getting practical', een tool ontwikkeld door Millar (2010) in zijn onderzoek naar de toepassing van practica in het huidige middelbare school onderwijs. In dit onderzoek heeft Millar gekeken naar de effectiviteit van practica. Gebleken is dat leerdoelen gesteld in practica regelmatig niet gehaald worden. Millar geeft wel aan dat practica dusdanig divers zijn, dat er geen algemene uitspraak te doen is over de oorzaak van het wel of niet effectief zijn van een practicum. Om structuur aan te

brengen in het beoordelen van practica heeft Millar veel voorkomende leerdoelen gecategoriseerd, met als resultaat de evaluatie tabel 'getting practical', zie Figuur 3.

|              |                 | Wat zijn de leerdoelen van een praktische activiteit?<br>(ik plande dat mijn leerlingen in staat waren om...) |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             |                                                                                   |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |
|--------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Leerdoelen → | ACTIVITEIT<br>↓ | A. <u>Natuurwetenschappelijke kennis</u> en inzicht ontwikkelen                                               |                                                                                      |                                                               | B. Gebruik van apparatuur; uitvoeren van gangbare werkwijzen |                                                             | C1. Inzicht ontwikkelen wat betreft het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          | D. Affectieve en sociale doelen                                          |                                        |               | Andere leerdoelen (aangeven welke) |                                  |
|              |                 |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             | C2. Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek                            |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |
|              |                 | A1. Weergeven wat is waargenomen                                                                              | A2. Waarnemingen met elkaar in verband brengen (bijv. overeenkomst, verschil, trend) | A3. Een concept, verklaring, model of theorie beter begrijpen | B1. Kennismaken met apparatuur en/of gangbare werkwijzen     | B2. Verder oefenen met apparatuur en/of gangbare werkwijzen | C1. Beter begrijpen hoe je onderzoek doet                                         | C2a. Een onderzoeksvraag stellen | C2b. Een plan van aanpak opstellen | C2c. Risico' s evalueren | C2d. Relevante gegevens verzamelen | C2e. Gegevens effectief presenteren | C2f. Gegevens verwerken en interpreteren | C2g. Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens | C2h. De getrokken conclusies evalueren | D1. Motiveren | D2. Actief leren                   | D3. Samenwerken leren/stimuleren |
|              |                 |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             |                                                                                   |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |
|              |                 |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             |                                                                                   |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |
|              |                 |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             |                                                                                   |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |
|              |                 |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                              |                                                             |                                                                                   |                                  |                                    |                          |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |

FIGUUR 3 EVALUATIE TABEL 'GETTING PRACTICAL', UIT MILLAR (2010)

In de voorgaande tabel, uitvergroot weergegeven in Appendix A, worden de meest voorkomende leerdoelen uit zijn onderzoek door Millar ondergebracht in 4 categorieën. In categorie A wordt beoordeeld of het practicum er toe leidt dat leerlingen natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen. Categorie B beoordeelt het gebruik van apparatuur en gangbare werkwijzen. Categorie C beoordeelt het ontwikkelen van inzicht in het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek. Als laatste wordt in categorie D beoordeeld of er ook affectieve en sociale doelen gekoppeld zijn aan het practicum. Deze categorieën sluiten grotendeels aan bij de vijftal functies van het practicum die Seré et al (1998) beschrijft. Seré beschrijft deze vijf functies als volgt:

1. Koppelen van de theorielessen aan de praktijk.
2. Leren van onderzoeksvaardigheden.
3. Wetenschappelijk denken.
4. Vergroten van motivatie.
5. Evaluatiemiddel.

Het enige duidelijk verschil hierin is dat Millar niet direct in zijn tool beschrijft dat een practicum een leerdoel heeft dat overeenkomt met het vijfde punt van Seré, evaluatiemiddel.

Door het gebruik van deze tabel kan de inhoud van het practicum beoordeeld worden op het gebied van leerdoelen.

Binnen het hiervoor beschreven theoretisch kader is het ontwerp onderzoek naar en practicum bij de NLT-module Lab on a Chip uitgevoerd. Hier vanuit zijn ontwerpseisen opgesteld, deze komen in het volgende hoofdstuk aan bod.

## ONTWERPEISEN

Het practicum bij de druppelchip zal aan wat eisen moeten voldoen. In dit hoofdstuk worden de eisen op een rij gezet en toegelicht. In het volgende hoofdstuk is beschreven hoe het practicum is ontworpen om aan de ontwerpeisen te voldoen.

### HET ONTSTAAN VAN DE EISEN

In eerste instantie zal gekeken worden naar de mogelijkheid om een practicum te ontwikkelen dat direct gebruik maakt van de druppelchip uit de lab on a chip koffer. In het geval dat dit niet het wenselijke resultaat oplevert, zal gekeken worden naar andere opties om tot een practicum te komen dat wel aansluiting vindt bij de interne processen op de druppelchip, maar geen gebruik maakt van de chip zelf.

Als vooronderzoek zal er gekeken worden naar de werking van de druppelchip. Hierin zal onderzocht worden bij welke instellingen van de apparatuur er druppels ontstaan en welke variabelen er zijn. Na een korte test is gebleken dat de opstelling en het aansturen van de druppelchip in zijn geheel niet ingewikkelder is dan de opstelling van de H-chip, de laminaire flow chip die met succes gebruikt wordt door leerlingen en docenten.

### HET ONTSTAAN VAN DRUPPELS

Het primaire doel van het practicum zal zijn om leerlingen inzicht te laten verwerven op het gebied van het ontstaan van druppels. Wenselijk is dat zij hierbij in de praktijk kennis maken met natuurkundige grootheden, zoals het Reynoldsgetal en viscositeit. Dit alles dient aangeboden te worden binnen een relevante context.

### RELEVANTE CONTEXT

Om met het practicum aansluiting te vinden bij de leerlingen is het zeer wenselijk om het in een relevante context te plaatsen. Er is sprake van een relevante context wanneer het leerlingen inzicht geeft in huidige toepassingen van de druppelchip in de praktijk of in onderzoek.

### VAARDIGHEDEN

Het practicum mag geen bijzondere vaardigheden eisen van de leerlingen. Het vak NLT is immers een multidisciplinair vak en zodoende kan het practicum geen specifieke wiskundige vaardigheden en ook geen natuurkundige practicum vaardigheden eisen van de leerlingen.

### KOSTEN

Het betreft een practicum voor de middelbare school. Hierdoor is het wenselijk dat de maximale kosten voor een school niet hoger zullen liggen dan de standaard kosten voor het gebruik van de lab on a chip koffers. Dit komt er op neer dat de school geen extra materialen aan hoeft te schaffen om het practicum uit te kunnen voeren. De kosten voor het gebruik van wegwerpmateriaal en grondstoffen mag niet hoger komen dan €50 per practicum. Bij wegwerpmaterialen moet worden gedacht aan speciale vezelvrije doekjes en pasteur pipetten.

## UITVOERBAARHEID EN VOORBEREIDING

Het practicum moet met minimale begeleiding van een docent of TOA uit te voeren zijn. Het klaarzetten van de materialen mag niet meer dan 10 minuten in beslag nemen. Het opzetten van de opstelling valt hier niet onder, het zal immers een taak van de leerlingen zijn om hun opstelling te maken en niet die van de docent of TOA.

Het practicum mag van de docent hooguit één voorbereidende les vragen. Daarnaast moet het uitvoeren van het practicum zelf binnen één blokuur te voltooien zijn. Idealiter is het practicum dusdanig flexibel dat de docent met wat extra voorbereiding het practicum terug kan brengen tot één lesuur.

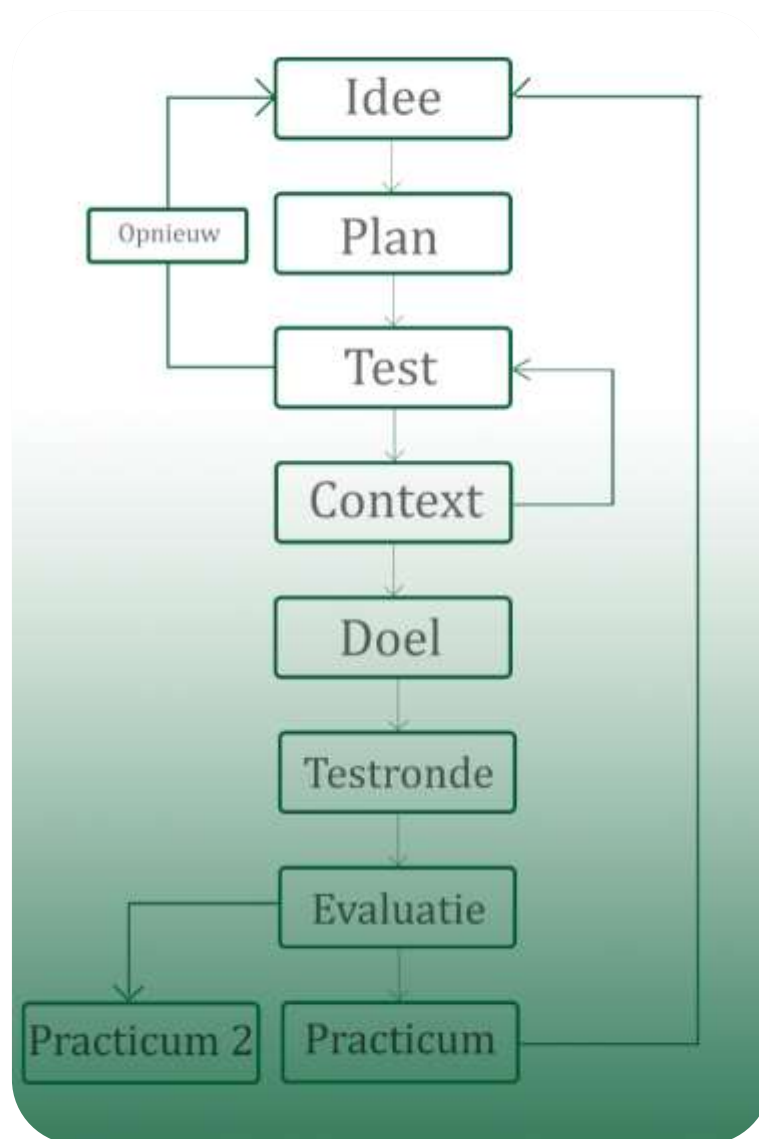
## LEERDOELEN

Het aantal leerdoelen moet beperkt blijven (Abrahams en Millar, 2008). Idealiter bevat het practicum uit elke categorie één leerdoel, met een maximum van twee in categorie C.

Uiteindelijk zal in de conclusie van het verslag blijken of aan alle eisen is voldaan. In het volgende hoofdstuk wordt op chronologische wijze beschreven op welke wijze het practicum tot stand is gekomen. Het resultaat hiervan is weergegeven in het hoofdstuk 'Ontwerpen'.

## METHODE

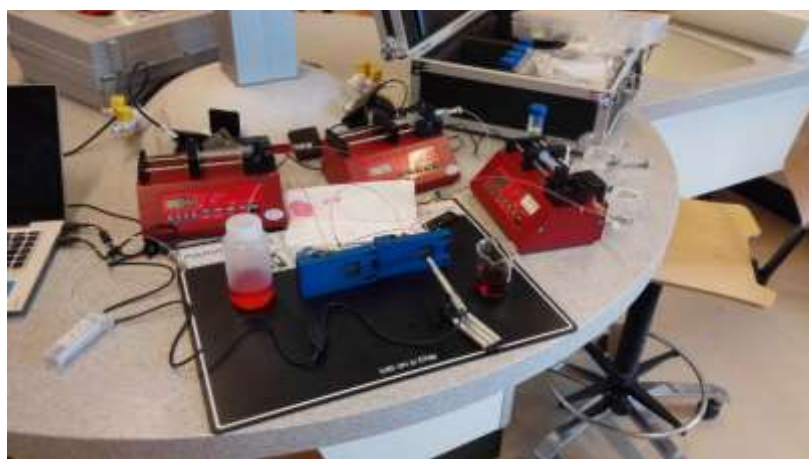
In het schema hieronder staat de inhoud van dit hoofdstuk schematisch weergegeven. Het figuur laat het ontwerpproces van het practicum door de tijd zien.



FIGUUR 4 EEN INDICATIE VAN HET GEVOLGDE ONTWERPPATROON, GEÏNSPIREERD OP GRAVEMEIJER EN CROBB (2006)

## HET BEGIN

Om tot ideeën te komen is eerst onderzocht wat de mogelijkheden zijn van de druppelchip. Om tot dat inzicht te komen is de proefopstelling gemaakt zoals beschreven in de NLT-module (Wietsma et al. 2015), zie Figuur 2. Hieronder in Figuur 5 is de opstelling weergegeven die gebruikt is voor de eerste proefmetingen aan de druppelchip. Hierin is onderzocht wat de gevolgen zijn van de verschillende instellingen op de pompen. Hierbij moet gedacht worden aan het ontstaan, de vorm en het volume van de druppels.



FIGUUR 5 PROEFOPSTELLING TEN BEHOEVE VAN HET VERKRIJGEN VAN INZICHT IN DE MOGELIJKHEDEN VAN DE DRUPPELCHIP.

Om de druppels voor de webcam zichtbaar te maken, is gebruik gemaakt van de kleurstof Ponceau 4R, een kleurstof die beschikbaar is in de lab on a chip koffer.

## EERSTE AFSLAG

Uit de hiervoor beschreven proefmetingen bleek het eenvoudig te zijn om druppels te maken. Zodoende is gezocht naar een mogelijke zijweg voor het practicum. Zoals het ontwikkelen van eigen druppelchips door de leerlingen, met behulp van een 3D printer. Op die manier kunnen nieuwe technologieën gecombineerd worden in één practicum. Om tot een bruikbaar concept te komen is gebruik gemaakt van de ervaringen van Dhr. Wietsma met het gebruik van polydimethylsiloxaan (PDMS) en de eigen ervaring van de onderzoeker met de 3D printer.

Hieruit is een conceptuele druppelchip voortgekomen welke is weergegeven in Figuur 6. Hierin is een rood kanaal te zien. Om dit kanaal te verwijderen is het geheel in natronloog ondergedompeld. Toen een dag later bleek dat het kanaal niet in zijn geheel opgelost was, is gekozen om met het oorspronkelijke plan verder te gaan: het maken van een practicum voor de druppelchip. Dit omdat het oplossen van het kanaal te veel tijd in beslag nam en zodoende niet overeenkomt met de gestelde eisen omtrent de voorbereidingstijd.



FIGUUR 6 EEN PROEF MODEL VAN EEN POLYMELKZUUR (PLA) KANAAL OVERGOTEN MET POLYDIMETHYLSILOXAAN (PDMS). GETRACHT IS DE PLA OP TE LOSSEN MET NATRONLOOG.

## CONTEXT

Om tot meer inzicht te komen op het gebied van toepassingen en de werking van de druppelchip is contact gezocht met Dhr. W. van Hoeven van Tide Microfluidics. In dit gesprek kwam naar voren dat de druppelchip op dit moment vooral voor de medische wereld zijn toepassingen kent. Met deze boodschap in het achterhoofd is samen met Dhr. Wietsma gezocht naar een context voor het practicum.

## MEETBAARHEID

Om de druppels meetbaar te maken is gezocht naar bruikbare vloeistoffen. Hiervoor zijn verschillende oplossingen van natrium alginaat getest in combinatie met verschillende oplossingen calciumchloride. In Figuur 7 is het gebruikte schema weergegeven. De hieruit voortgekomen resultaten zijn gebruikt voor de practicum handleiding.



FIGUUR 7 TESTSCHEMA MET VERTICAAL DE ALGINAAT CONCENTRATIES, VAN 1 TOT EN MET 5 MM, HORIZONTAAL DE CALCIUMCHLORIDE OPLOSSINGEN, VAN 1 TOT EN MET 5 MM.

## DOEL VAN HET PRACTICUM

Na het afronden van de vele testen zijn de hoofdlijnen voor het practicum uitgezet. Het doel van het practicum is leerlingen inzicht geven in het ontstaan van druppels op een lab on a chip. Dit doel zal bereikt worden door ze een klein onderzoek te laten doen aan de druppelchip en de resultaten ervan te verwerken. Op die wijze doen ze direct ervaring op met het doen van wetenschappelijk onderzoek.

## PRACTICUM TESTRONDE

Het practicum is getest door twee groepen leerlingen:

*Groep 1: Deze groep bestaat uit twee keer twee leerlingen 5 VWO, twee meisjes en twee jongens. Zij volgen de module Lab on a Chip binnen het vak NLT aan het Greijdanus College te Zwolle.*

*Groep 2: Deze groep bestaat uit twee leerlingen uit 5 VWO, twee jongens die hun profielwerkstuk met de Lab on a Chip koffer willen uitvoeren, van het Nuborgh College te Elburg.*

De eerste versie is getest met groep 1 in een setting waarbij de leerlingen onder begeleiding van een student-assistent het practicum hebben uitgeprobeerd binnen het Leerlingenlab op de Universiteit Twente. Hierbij waren alle benodigde materialen klaargezet en moesten de oplossingen zelf gemaakt worden. De onderzoeker speelde geen rol in de begeleiding en heeft na afloop het practicum geëvalueerd met de student-assistent.

De verbeterde versie van dit practicum is getest met groep 2 in een setting waarbij de leerlingen onder toezicht van de onderzoeker het practicum hebben getest. Hierbij was het de proefpersonen alleen toegestaan om controlerende vragen te stellen. De proefpersonen hebben enkele dagen voorafgaande aan de test het practicum ontvangen en voorbereid. Het labjournaal verkregen uit deze test is bijgevoegd in Appendix B. Deze test is in zijn geheel op video vastgelegd om het handelen van de leerlingen achteraf te kunnen analyseren.

## TWEEDE PRACTICUM

Naar aanleiding van de resultaten, welke verderop in het verslag worden besproken, is besloten om over te gaan tot het ontwikkelen van een tweede practicum. Het startpunt voor dit tweede practicum is vastgesteld in overleg met Dhr. Van der Veen en Dhr. Wietsma.

In het tweede practicum is er voor gekozen om één kernbegrip als uitgangspunt te nemen, waarbij er gekozen is voor viscositeit. Het practicum moet leerlingen primair onderzoek laten doen aan de viscositeit van druppels. Om de kwaliteit van dit tweede practicum te waarborgen is Dhr. D.J. Geijs gevraagd om een expert review te doen. Dhr. Geijs heeft veel ervaring opgedaan met en onderzoek gedaan naar lab on a chip toepassingen binnen de vakgroep BIOS-lab on a chip en hij is student aan de lerarenopleiding. Tevens is dhr. Geijs werkzaam als docent binnen een middelbare school en heeft hij tijdens zijn periode bij het Leerlingenlab ervaring opgedaan met de lab on a chip koffers. De resultaten uit de expert review worden besproken met de expert en daarna verwerkt in het practicum. Naast een inhoudelijke beoordeling, zal de expert het practicum ook beoordelen aan de hand van de tool 'getting practical'.

Uiteindelijk zal dit practicum getest worden op twee testgroepen, namelijk:

*Groep 3: Deze groep bestaat uit vier leerlingen 5 VWO, vier jongens. Zij hebben geen kennis van Lab on a Chip, zij volgen onderwijs aan de Vrije School Zutphen.*

*Groep 4: Deze groep bestaat uit 10 leerlingen uit 5 VWO, drie jongens en 7 meisjes die in de volgende periode de module Lab on a Chip zullen volgen binnen het vak NLT aan het Greijdanus College te Zwolle.*

In groep 3 testen de proefpersonen het practicum individueel, in groep 4 testen de proefpersonen het practicum in drie duo's en vier keer individueel. In beide groepen zijn de benodigde materialen klaargezet door de onderzoeker en is er sprake van minimale begeleiding.

# ONTWERPEN

In dit hoofdstuk zullen de twee practicum ontwerpen worden besproken. Hierbij komen de leerdoelen aan bod, evenals de theorie die in het practicum besproken wordt. Daarna zal de inhoud van het practicum verklaard worden en wordt de docenthandleiding kort samengevat. Als afsluiter wordt de opstelling toegelicht.

## PRACTICUM ONTWERP 1

Het eerste practicum: "Practicum druppelchip", is weergegeven in Appendix C en wordt gevolgd door de docenthandleiding in Appendix D.

### LEERDOELEN

1. De leerling kan in eigen woorden beschrijven wat er nodig is om alginaat druppels te maken met een druppelchip.
2. De leerling kan voorbeelden noemen van toepassingen in de praktijk of kan zelf een voorbeeld schetsen.
3. De leerling heeft ervaren hoe het is om systematisch onderzoek te doen in een wetenschappelijke setting.
4. De leerling kan de invloed van pompsnelheden en viscositeit op de afmeting van de ontstane druppel omschrijven.
5. De leerling kan in grove lijnen beschrijven wat het verschil is tussen handmatig druppels maken en met de druppelchip.

### THEORIE

De basis van het practicum is de theorie die vooraf behandeld wordt. Hierbij worden de chemische reactie tussen natrium alginaat en calciumchloride en twee mogelijke druppelchip configuraties besproken. Als extra is er een paragraaf verdieping toegevoegd om de leerlingen meer inzicht te bieden in de theorie die ten grondslag ligt aan de druppelchip. In deze paragraaf worden de begrippen Reynolds getal, Weber getal en het capillaire getal kort uitgelegd.

### ACTIEVE VERWERKING VAN DE INHOUD

De context die het practicum voor de leerlingen relevant moet maken wordt in de inleiding van het practicum voorgesteld. Hierin worden de mogelijkheden van de druppelchip besproken, zoals de mogelijkheid om druppels te maken die als medicijn drager te gebruiken zijn in het menselijk lichaam.

Het practicum bevat tussen de stukjes theorie door direct al vragen die de leerlingen na laten denken over hetgeen zij zojuist gelezen hebben. De vragen: "Het restproduct van de reactie in figuur 1 smaakt zout. Hoe kan dit?" en "Waarom is het calcium-alginaat netwerk niet meer oplosbaar in water?" zetten leerlingen er toe aan om na te denken over de chemische reactie en een koppeling te maken met voorkennis die zij op dit gebied hebben uit het vak scheikunde. Een mogelijk antwoord op de eerste vraag slaat op het restproduct van de reactie: natriumchloride. Een mogelijk antwoord op de tweede vraag slaat op de covalente bindingen die het calcium en de alginaat aangaan.

In de paragraaf verdieping worden vragen gesteld die de leerling actief laat nadenken over de drie voorgestelde grootheden en de variabelen, die later in het practicum aan bod komen. Tevens vraagt de opgave “Bewijs dat alle drie de getallen dimensieloos zijn” vaardigheden van de leerling die onderwezen worden in de vakken wiskunde en natuurkunde.

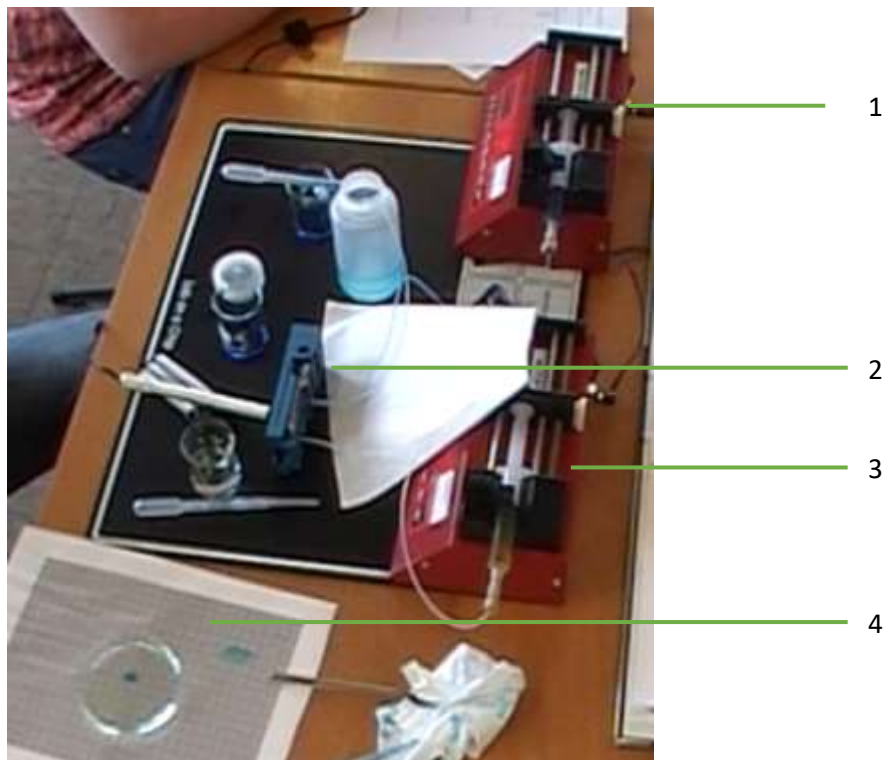
De leerlingen worden in de paragraaf “Voor- en nadelen” aangezet tot het nadenken over de eigenschappen van druppels. Er wordt ze gevraagd om het lijstje aan te vullen met twee voor- en nadelen. Het doel is om de leerlingen alvast na te laten denken over de (on)mogelijkheden van de druppelchip.

Het praktijk gedeelte van het practicum is stap voor stap beschreven. De leerlingen krijgen de ervaring van het uitvoeren van een wetenschappelijk onderzoek en ze kunnen zelf de oplossingen maken. In het eerste deel van de proef voeren de leerlingen een macroproef uit. Hierbij maken ze gebruik van een pasteur pipet om enkele druppels alginaat oplossing in calciumchloride te druppelen. Deze eerste proef laat ze op grote schaal zien wat er in het klein op en na de druppelchip gebeurt. Daarna maken ze de opstelling, volgens de handleiding uit de NLT-module lab on a chip, en zij vervolgen het practicum met een microproef. De leerlingen hebben zelf de vrijheid om de mate van aanvoer van de alginaat oplossing te bepalen. Ze voeren tien experimenten uit bij verschillende aanvoersnelheden. De afmetingen van de druppels kunnen de leerlingen bepalen door gebruik te maken van het bijgeleverde millimeter papier. Waarna de verwerking van de meetresultaten geschiedt middels een tabel en grafiek en de leerlingen gevraagd wordt om hun resultaten te bespreken in een discussie en conclusie. Door de leerlingen gedurende het practicum een labjournaal bij te laten houden oefenen ze hun vaardigheid in het wetenschappelijk verwerken van een onderzoek.

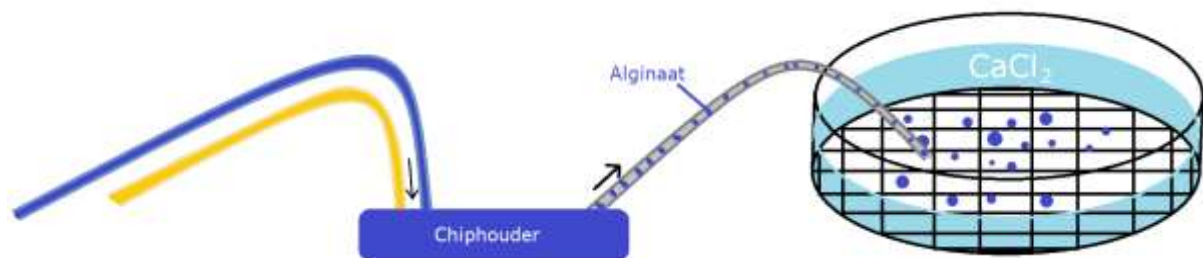
## DOCENTHANDLEIDING

In de docenthandleiding, zie Appendix E, staat beschreven welke keuzemogelijkheden de docent heeft voorafgaand aan het practicum. De nadruk ligt op mogelijkheden om tijd te besparen en aandachtspunten bij de uitleg. Als laatste zijn de leerdoelen van het practicum opgesomd.

## OPSTELLING



FIGUUR 8 WEERGAVE VAN DE OPSTELLING IN UIT DE PRAKTIJK. 1) POMP MET INJECTIESPUIT MET DAARIN NATRIUM ALGINAAT OPLOSSING, AANGEKLEURD MET BRILJANT BLAUW, 2) DRUPPELCHIP IN BLAUWE HOUDER AANGESLOTEN VOLGENS HET AANSLUITSCHEMA UIT FIGUUR 2, 3) POMP MET INJECTIESPUIT MET DAARIN OLIE, 4) PETRISCHAAL MET EEN LAAGJE CALCIUMCHLORIDE EN DAARIN ENKELE ALGINAAT DRUPPELS.



FIGUUR 9 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE DRUPPELCHIP OPSTELLING. DEZE WEERGAVE IS TERUG TE VINDEN IN DE PRACTICUMHANDLEIDING VOOR DE LEERLINGEN. LINKS IN DE AFBEELDING IS EEN GELE TUBING WEERGEGEVEN DIE DE OLIE AANVOER WEERGEEFT, DAARBOVEN EEN BLAUWE TUBING DIE DE ALGINAAT AANVOER WEERGEEFT.

In Figuur 8 en Figuur 9 is de opstelling van het practicum weergegeven. In Figuur 9 is voor de duidelijkheid een schematische weergave gedaan van de opstelling. In de opstelling wordt gebruik gemaakt van twee pompen waarop injectiespuiten te monteren zijn, de microchip-houder, tubing en overige connectoren, allen afkomstig uit de lab on a chip koffer. Voor de opstelling zijn verder nog enkel standaard glaswerk en pasteur pipetten nodig, materiaal waarover elke middelbare school beschikt. De koffer is beschikbaar voor €25,- per week en voor elke week erna dient €10 betaald te worden (Universiteit Twente, 2018). De benodigde grondstoffen natrium alginaat, calciumchloride en kleurstof worden meegeleverd in de koffer.

## PRACTICUM ONTWERP 2

Als begin voor dit practicum is de macroproef uit het eerste practicum gekozen. De practicumhandleiding is bijgevoegd in Appendix E en de docenthandleiding in Appendix F

### LEERDOELEN

In dit practicum komende volgende leerdoelen aan bod:

1. Domein: Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen.
  - (a) Weergeven wat is waargenomen.
  - (b) Waarnemingen met elkaar in verband brengen.
2. Domein: Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek.
  - (a) Gegevens verwerken en interpreteren.
  - (b) Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens.
3. Domein: Affectieve en sociale doelen.
  - (a) Actief leren

Het practicum biedt de leerlingen de mogelijkheid om kennis en inzicht te ontwikkelen op natuurwetenschappelijk gebied. Tijdens het practicum zal de leerling weer moeten geven wat hij heeft waargenomen en verbanden leggen tussen de waarnemingen. De gegevens die de leerling verkrijgt moet hij kort onder woorden brengen en uiteindelijk in de conclusie bespreken. Tijdens het practicum is de leerling actief betrokken bij het practicum en wordt hij aangezet zelf keuzes te maken die leiden tot de resultaten.

### THEORIE

De kern van de theorie draait om het begrip viscositeit. In het practicum komt ook de chemische reactie tussen natrium alginaat en calciumchloride aan bod, net als de begrippen hydrofoob en hydrofiel. In het practicum onderzoeken de leerlingen de invloed van de viscositeit van de natrium alginaat oplossing op de vorm van de druppels die ontstaan.

### ACTIEVE VERWERKING VAN DE INHOUD

De leerling wordt gevraagd kort uit te leggen wat het verschil is tussen hydrofoob en hydrofiel. De daaropvolgende vraag laat de leerling kort uitleggen waarom alginaat en olie van elkaar te scheiden zijn. In de eerste vraag wordt de voorkennis van de leerling geactiveerd uit het vak scheikunde, in de tweede vraag wordt geacht dat de leerling een verband legt tussen zijn voorkennis en de theorie die hij net gelezen heeft.

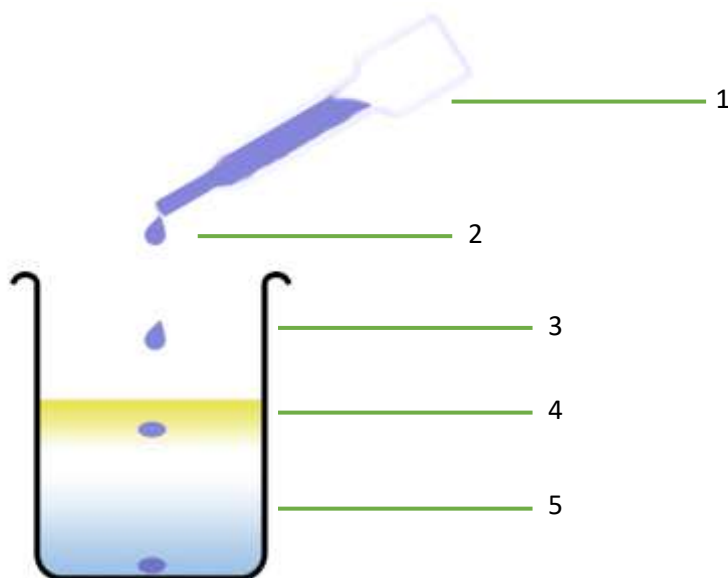
Wederom komen in dit practicum de vragen omtrent de chemische reactie van natrium alginaat met calciumchloride naar voren. Ook hier moet de leerling inzicht tonen in de chemische reactie en het restproduct dat daarbij ontstaat, namelijk natriumchloride. De volgende vraag is ook nu weer om kort uit te leggen waarom het calcium alginaat niet meer oplosbaar is in water, echter dit keer met de verwijzing naar de figuur waarin de reactie is afgebeeld.

Om de leerling er toe aan te zetten goed waar te nemen wordt hem gevraagd van elke druppel een tekening te maken. Dit motiveert de leerling direct om zijn waarnemingen te verwerken.

## DOCENTHANDLEIDING

In de docenthandleiding, zie Appendix F, staat beschreven welke keuzemogelijkheden de docent heeft voorafgaand aan het practicum. De nadruk ligt op mogelijkheden om tijd te besparen en aandachtspunten bij de uitleg. Als laatste zijn de leerdoelen van het practicum opgesomd.

## OPSTELLING



FIGUUR 10 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE PRACTICUMOPSTELLING. 1) PASTEUR PIPET, 2) NATRIUM ALGINAAT OPLOSSING, 3) BEKERGLAS 100 ML, 4) OLIE LAAG EN 5) CALCIUMCHLORIDE OPLOSSING



FIGUUR 11 DE OPSTELLING GEBRUIKT VOOR HET PRACTICUM DRUPPELS. HIERBIJ IS GEBRUIK GEMAAKT VAN EEN KUNSTSTOF PASTEUR PIPET, EEN BEKERGLAS VAN 100 ML

In Figuur 10 is de practicum opstelling uit Figuur 11 schematisch weergegeven. In de opstelling wordt gebruik gemaakt van een pasteur pipet en een bekglas van 100 ml. De vloeistof in de pasteur pipet bestaat uit een natrium alginat oplossing met daarin de kleurstof briljantblauw en TWEEN-20. In het bekglas bevindt zich op de bodem een calciumchloride oplossing met daarop drijvend een laagje zonnebloemolie.

# RESULTATEN

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de testgroepen van beide practica uiteengezet. Eerst zal ingegaan worden op de resultaten uit het eerste practicum en daarna volgen de resultaten die bij het tweede practicum horen.

## PRACTICUM 1 DRUPPELCHIP

Het practicum heeft de volgende leerdoelen:

1. De leerling kan in eigen woorden beschrijven wat er nodig is om algiinaat druppels te maken met een druppelchip.
2. De leerling kan voorbeelden noemen van toepassingen in de praktijk of kan zelf een voorbeeld schetsen.
3. De leerling heeft ervaren hoe het is om systematisch onderzoek te doen in een wetenschappelijke setting.
4. De leerling kan de invloed van pompsnelheden en viscositeit op de afmeting van de ontstane druppel omschrijven.
5. De leerling kan in grove lijnen beschrijven wat het verschil is tussen handmatig druppels maken en met de druppelchip.

Naar aanleiding van de test uit testgroep 1 is het practicum dusdanig gewijzigd dat de resultaten daarvan niet representatief zijn voor het huidige practicum. Daarom wordt er nu alleen een korte samenvatting gegeven:

## TESTGROEPEN

De eerste testgroep leverde verbeterpunten op voor het praktische, uitvoerende gedeelte van het practicum. De handleiding bleek te summier te zijn en stappen werden overgeslagen. De leerlingen waren zich niet bewust van het feit dat zij iets hadden gemist. De vragen die van de leerlingen kwamen waren toegespitst op het niet kennen van bepaalde termen of niet zeker zijn van de keuze die ze maken. Het maken van de oplossingen bleek te moeilijk te zijn. Als gevolg hiervan is de handleiding uitgebreid, stappen zijn opgesplitst en extra tussenstapjes nog toegevoegd. Een voorbeeld hiervan is het maken van de algiinaat oplossing en het toevoegen van de kleurstof. Dit was eerst in één enkele stap en is nu onderverdeeld in meerdere. Het door de leerling kunnen maken van de vloeistofoplossingen is geen leerdoel in dit practicum en is daarom als keuze vrijgelaten in de docenthandleiding, zie Appendix D voor de handleiding.

De resultaten uit de eerste testgroep met betrekking tot het wel of niet halen van de leerdoelen door de leerlingen is weergegeven in Tabel 1.

TABEL 1 OVERZICHT VAN HET WEL OF NIET HALEN VAN DE LEERDOELEN DOOR DE LEERLINGEN IN TESTGROEP 1.

| Leerdoelen resultaat testgroep 1 |    |     |
|----------------------------------|----|-----|
| Gehaald?                         | Ja | Nee |
| 1                                |    | X   |
| 2                                |    | X   |
| 3                                | X  |     |
| 4                                |    | X   |
| 5                                |    | X   |

Na het doorvoeren van de hiervoor voorgestelde wijzigingen is de uiteindelijke versie, zie Appendix C van het practicum getest door testgroep 2. Het resultaat uit deze testgroep met betrekking tot het wel of niet halen van de leerdoelen door de leerlingen is weergegeven in Tabel 2.

TABEL 2 OVERZICHT VAN HET WEL OF NIET HALEN VAN DE LEERDOELEN DOOR DE LEERLINGEN IN TESTGROEP 2

| Leerdoelen resultaat testgroep 2 |    |     |
|----------------------------------|----|-----|
| Gehaald?                         | Ja | Nee |
| 1                                | X  |     |
| 2                                |    | X   |
| 3                                | X  |     |
| 4                                |    | X   |
| 5                                |    | X   |

In testgroep 2 schrijven de leerlingen het volgende:

*“We gaan het druppelen op verschillende manieren proberen”*

Hieruit en het schema dat er op volgt blijkt dat de leerlingen leerdoel 3 hebben gehaald.

*“bij een druk van 50  $\mu\text{L}$  per min is de variatie tussen de druppels erg groot.....een druk van 25  $\mu\text{L}$  per min geeft vrij kleine druppels, dus je moet een waarde hiertussen nemen”*

Hieruit blijkt dat de leerlingen maar voor een deel leerdoel 4 hebben gehaald. Ze bespreken namelijk niet de invloed die de viscositeit heeft.

*“We willen onderzoeken wat het verschil is tussen de macroproef en de microproef”*

Hier komen ze echter aan het eind van het verslag niet op terug. Dit toont aan dat leerdoel 5 niet aantoonbaar gehaald is door de leerlingen.

Het volledige labjournaal is weergegeven in Appendix B.

## PRACTICUM 2 DRUPPELS

Het practicum heeft de volgende leerdoelen:

1. Domein A: Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen.
  - (a) Weergeven wat is waargenomen.
  - (b) Waarnemingen met elkaar in verband brengen.
  - (c) Een concept, verklaring, model of theorie beter begrijpen.
2. Domein C: Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek.
  - (a) Gegevens verwerken en interpreteren.
  - (b) Een plan van aanpak opstellen.
3. Domein D: Affectieve en sociale doelen.
  - (a) Actief leren

De hierboven herhaalde leerdoelen van het practicum zijn vastgesteld na de expert review. De ingevulde tool ‘getting practical’ in bijgevoegd in Appendix G. In dezelfde appendix is de ingevulde versie van de onderzoeker weergegeven. Daar is te zien dat er een klein verschil is met de expert review, namelijk leerdoelen:

A3 en C2b ontbreken, C2g en D1 zijn wel aangekruist.

C2g: Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens. Dit komt niet aan bod in het practicum.

D1: Motiveren. Ook dit komt niet specifiek naar voren in het practicum.

## TESTGROEPEN

De resultaten van testgroep 3 en 4 staan in zijn volledigheid weergegeven in Appendix H en I. Hier wordt een samenvatting gegeven van de resultaten aan de hand van de leerdoelen en enkele passages uit de ingevulde practica.

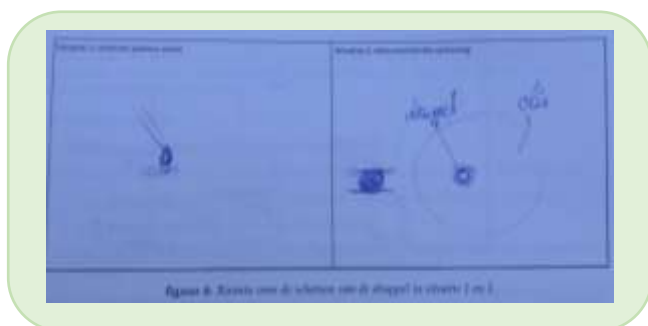
TABEL 3 OVERZICHT VAN HET WEL OF NIET HALEN VAN DE LEERDOELEN DOOR DE LEERLINGEN IN TESTGROEP 3

| Leerdoelen resultaat testgroep 3 |    |     |
|----------------------------------|----|-----|
| Gehaald?                         | Ja | Nee |
| 1a                               | X  |     |
| 1b                               |    | X   |
| 1c                               | X  |     |
| 2a                               | X  |     |
| 2b                               | X  |     |
| 3a                               | x  |     |

In testgroep 3 geeft een leerling het volgende voorbeeld van leerdoel 1a:

*“Het duurde even voor de druppel door de olie laag heen gaat.”*

Hiermee beschrijft de leerling wat hij heeft waargenomen. Daarnaast heeft hij het ook getekend. Zoals hieronder in verkleinde versie is weergegeven.



Er is geen aantoonbaar resultaat van het behalen van leerdoel 1b.

Van leerdoel 1c geeft een leerling de volgende voorbeelden:

*“De alginaatoplossing is hydrofiel en de olie hydrofoob, hier is dus een emulsie”*

*“Hydrofoob is waterafstotend hydrofiel trekt water aan.”*

*“Het alginaat reageert met de calcium. Dus blijven Na en Cl over, dit maakt samen het zout NaCl”*

*“Het water is niet sterk genoeg om de covalente binding van Calcium Alginaat te breken.”*

Van leerdoel 2a geeft een leerling het volgende voorbeeld:

$1 \text{ g L}^{-1}$

*Situatie 1: De druppel is nog steeds bolvormig en de kleur is iets lichter. De druppel is iets groter.*

*Situatie 2: De druppel is iets bolvormiger.*

Van leerdoel 2b geeft een leerling het volgende voorbeeld:

*1. Je doet een heel klein beetje alginaat in de pasteur pipet. Door vervolgens heel erg voorzichtig er in te knijpen kan je druppel per druppel in het bekersglas doen.*

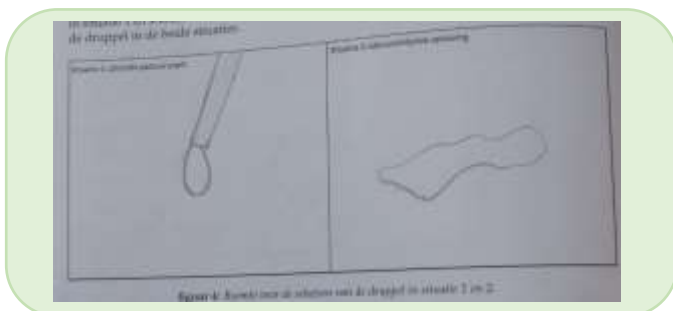
*2. Je doet een laagje olie boven op de CaCl oplossing. En dan met stap 1 er alginaat in te doen kan je zien wanneer de druppel erin komt.*

Leerdoel 3a blijkt uit de opzet van het practicum. De leerlingen bedenken zelf een opstelling en plan van aanpak.

TABEL 4 OVERZICHT VAN HET WEL OF NIET HALEN VAN DE LEERDOELEN DOOR DE LEERLINGEN IN TESTGROEP 4

| Leerdoelen resultaat testgroep 4 |    |     |
|----------------------------------|----|-----|
| Gehaald?                         | Ja | Nee |
| 1a                               | X  |     |
| 1b                               | X  |     |
| 1c                               | X  |     |
| 2a                               | X  |     |
| 2b                               | X  |     |
| 3a                               | x  |     |

Van leerdoel 1a geeft een leerling het volgende voorbeeld:



Maar ook geschreven:

*“De druppels blijven minder goed aan de pipet hangen, vallen er sneller van af. Ze komen niet makkelijk door de olie heen en vormen samen een soort klont.”*

Van leerdoel 1b geeft een leerling het volgende voorbeeld:

*“Hoe hoger de afstand hoe dieper de druppel door de laag heen valt. Hogere concentratie -> kleinere druppel. Maatcilinder ipv bekglas gebruiken om te meten.”*

Van leerdoel 1c geeft een leerling het volgende voorbeeld:

*“Calcium cationen vormen met alginaatketens dimeren. Deze dimeren vormen netwerken, bij elkaar gehouden door de calcium cationen. Deze binding is zo sterk dat het netwerk niet meer oplosbaar is in water.”*

Van leerdoel 2a geeft een leerling het volgende voorbeeld:

*“Bij hoge concentratie hoef je minder hard te knijpen. Het druppeltje springt er uit. De druppels worden ook kleiner.”*

Van leerdoel 2b geeft een leerling het volgende voorbeeld:

*Je neemt 20 ml calciumchloride en laat met een pipet druppels olijfolie op de calciumchloride vallen tot er een laagje ontstaat. Dan neem je een pipet alginaat oplossing en druppel je deze van grote hoogte in je oplossing, zo vormen zich kleine druppeltjes.*

Ook hier blijkt leerdoel 3a uit de opzet van het practicum, daar is immers geen wijziging in aangebracht. Een voorbeeld van de eigen inbreng van een leerling:

*Ik neem 2 hogere concentraties en 2 lagere concentraties. Zo heb je een goede balans. Dus ik neem:*  
*12 g L<sup>-1</sup>*  
*6 g L<sup>-1</sup>*  
*1,5 g L<sup>-1</sup>*  
*0,75 g L<sup>-1</sup>*

Welke conclusie aan deze resultaten verbonden kan worden, dat wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

## CONCLUSIE

De resultaten van beide practica geven een goed beeld van de toepasbaarheid van beide practica.

### PRACTICUM DRUPPELCHIP

Het eerste practicum, practicum druppelchip, is gebleken niet meer dan een beginpunt te zijn voor een vervolg onderzoek. De resultaten tonen aan dat het practicum zijn leerdoelen onvoldoende bereikt. In de eerste testgroep is maar één leerdoel aantoonbaar gehaald en in de tweede testgroep zijn drie leerdoelen aantoonbaar gehaald.

Uit het onderzoek blijkt niet dat de leerlingen aantoonbaar meer inzicht hebben verworven op het gebied van het ontstaan van druppels op de druppelchip.

Uit het onderzoek blijkt wel dat er stappen zijn gezet in de goede richting. De tweede testgroep toont aan dat de verbeteringen uit testronde 1 hebben geleid tot een betere leerprestatie bij de leerlingen. Dit blijkt uit de vergelijking tussen Tabel 1 en Tabel 2. De beide tabellen waarin het wel of niet behalen van de leerdoelen is weergegeven.

### PRACTICUM DRUPPELS

Het tweede practicum, practicum druppels, is gebleken een toepasbaar practicum te zijn dat kan dienen als inleiding op het gebruik van de druppelchip in de NLT-module Lab on a Chip. De resultaten tonen aan dat na een eerste testronde en doorvoeren van enkele verbeteringen, het practicum in de tweede testronde zijn leerdoelen heeft bereikt.

Uit het onderzoek blijkt dat de leerlingen aantoonbaar meer inzicht hebben in het ontstaan van calcium alginaat druppels en de invloed van de viscositeit hierop.

Hiermee lijkt het onderzoek zijn doel te hebben gehaald, er is een practicum tot stand gekomen dat gebruikt kan worden als inleiding voor de druppelchip in de NLT-module Lab on a Chip. Het tweede practicum biedt de leerlingen een inzage in het ontstaan van druppels. De leerling bepaald zelf welke concentraties van de alginaat oplossing hij gaat onderzoeken, wordt er toe aangezet om verbanden te leggen tussen zijn waarnemingen en hieruit conclusies te trekken. Door de leerling de waarnemingen in woord en beeld weer te laten geven, wordt hij er toe aangezet na te denken over wat hij ziet en ook goed te kijken.

In het volgende hoofdstuk worden de resultaten te discussie gesteld en daarbij wordt direct verbeterpunten aangeboden.

# DISCUSSIE

## PRACTICUM 1 DRUPPELCHIP

### STATISTIEK

De testgroepen waren dusdanig klein dat er statistisch niets over te zeggen is. Er is doelbewust aansluiting gezocht bij de bestaande module om zo het juiste niveau voor het practicum te verkrijgen. Het is dan ook aan te raden het practicum in combinatie met de module een keer met een hele klas te testen. De resultaten bieden een beginpunt, het is dus raadzaam om voor een vervolg onderzoek het huidige practicum op een gehele klas te testen om zo de kernproblematiek vast te stellen.

### TIJDSDUUR PRACTICUM

Het practicum zelf neemt veel tijd in beslag. Een goede 2 uur nam het in beslag om het practicum uit te voeren, zonder klaarzetten en opruimen. De theorie was thuis al doorgenomen door de leerlingen, dit is dan ook de enige manier om het redelijk in te passen. De tijdsduur kan verkleind worden door de microproef een gesloten proef te maken. Hiermee wordt bedoeld dat de leerling zelf geen keuzes maakt omtrent de pompsnelheid van de injectiespuit pomp. Een inleidende les kan een tweede manier zijn om het proces te versnellen en al wat vragen weg te halen bij de leerlingen. De meeste vragen gaan namelijk over het materiaal dat gebruikt wordt. Het niet kennen van de spullen, niet weten wat de naam er van is en hoe er mee gewerkt wordt, kost veel tijd.

### ZELF CHIPS MAKEN

Naast het ontwikkelen van een practicum is er in dit onderzoek ook een poging gedaan om zelf een druppelchip te produceren met behulp van de 3D printer en PDMS. Een model van de alginaat-druppelchip is weergegeven in Figuur 6, een voorbeeld van een alginaat-calciumchloridechip is weergegeven in Appendix D figuur 5. Uit dit korte onderzoekje bleek het niet mogelijk om nauwkeurig genoeg te printen. Daarnaast bleek PLA zeer slecht zijn vorm te behouden als het weer opgewarmd werd om het PDMS uit te harden.

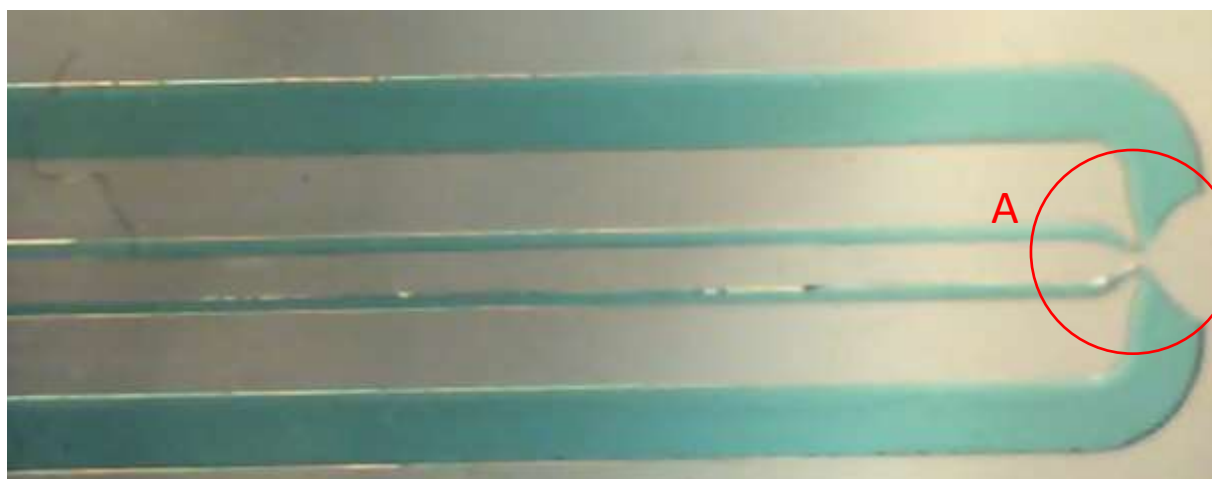
Gezien de mogelijkheden om twee lagen PDMS met elkaar te verlijmen is het voor een vervolg studie op dit vlak aan te raden dit op de volgende wijze te onderzoeken:

Dhr. Wietsma is bekend met de folie chip, lab on a chips die gemaakt zijn uit lamineerfolie. Deze chips bestaan uit drie lagen, een laag met daarin het kanaal, een laag die volledig gesloten is en een top laag waarin gaatjes zitten zodat de kanalen toegankelijk zijn in de blauwe chiphouder uit de lab on a chip koffer. Ditzelfde principe kan op PDMS en een 3D geprint kanaal toegepast worden. Hierbij zouden dan drie laagjes PDMS gegoten dienen te worden en uiteindelijk op elkaar geplakt. PDMS hecht van zichzelf goed aan elkaar. Het verwijderen van het 3D geprinte kanaal via dit principe handmatig gedaan worden. Stapsgewijs zal dan het volgende getest kunnen worden: giet een volledig gesloten PDMS laagje, giet een PDMS laagje met daarin een kanaal en verwijder na uitharding het kanaal handmatig, giet een PDMS laagje met gaatjes. Plak de drie laagjes op elkaar, met het kanaal in het midden.

## WATER-IN-OLIE

Gedurende de ontwikkeling van dit practicum is gebleken dat het maken van alginaat druppels met een hydrofiele chip, zoals beschikbaar in de koffer, een lastig proces is. De druppels die ontstaan zijn in feite olie druppels in alginaat. Hierdoor is met behulp van de webcam microscoop (beschikbaar in de koffer) het proces van het maken van druppels op chip niet in beeld te brengen, zie figuur 2.

In Figuur 12 is een voorbeeld weergegeven van hoe het proces er uitziet indien de juiste verhoudingen worden gebruikt en er zodoende daadwerkelijk druppels gevormd wordt door de focused flow droplet generator (FFDG) chip. De druppels ontstonden immers pas in de uitgaande tubing. Als oplossing hiervoor is een setje hydrofobe chips besteld bij Micronit. Hierdoor is het mogelijk om in een vervolg water in olie druppels te maken. De handleiding dient hiervoor wel aangepast te worden, deze aanpassing is opgenomen in Appendix J. Het betreft de passage voor het aansluiten van de vloeistoffen op de juiste ingangen van de chip. Het is aannemelijk dat de pompsnelheden die nu in het practicum als richtlijn worden gegeven, ook opnieuw bepaald dienen te worden. Echter worden de chips pas na het afronden van dit deelverslag geleverd, hierdoor wordt er geen beeldend bewijs geleverd in dit onderzoek. Er is echter voldoende onderzoek gedaan naar dit fenomeen om aan te nemen dat het kan (Micronit Microfluidics, 2015 - Mazutis, et al., 2015 - Shui, Berg en Eijkel, 2009 - Cursus Lab on a Chip).



FIGUUR 12 CLOSE UP UIT EEN VIDEO VERKREGEN MET BEHULP VAN DE USB MICROSCOOP. BLAUW IS DE ALGINAAT FASE, TRANSPARANT IS DE OLIE FASE. HET MAKEN VAN DRUPPELS AAN DE MONDING VAN DE FFDG IN A) IS NIET ZICHTBAAR. STROOMRICHTING VAN RECHTS NAAR LINKS.



FIGUUR 13 SCREENSHOTS VERKREGEN UIT EEN VIDEO VAN MICRONIT MICROFLUIDICS (2014). IN BEELD HET MAKEN VAN OLIE IN WATER DRUPPELS IN CHRONOLOGISCHE VOLGORDE VAN 1 T/M 3. STROOMRICHTING IN HET MIDDEN VAN RECHTS NAAR LINKS, BOVEN EN ONDER VAN LINKS NAAR RECHTS.

## DE DOCENT

Als laatste komt de rol van docent aan bod. In de theorie van het verslag wordt al kort uitgelegd dat de rol van de docent niet te onderschatten is. In dit onderzoek is dit ook van toepassing. In de eerste testgroep was de docent een student-assistent die het practicum zelf nog nooit had uitgevoerd en zodoende zelf ook zoekende was naar de juiste manier van handelen. Dat dit tot een licht chaotische en niet ideale werkomstandigheid leidde is gebleken uit de vragen die hij tussendoor aan mij, de onderzoeker kwam stellen. In eerste instantie heb ik de rol van de docent dus onderschat, maar dit gecorrigeerd in de tweede testgroep door zelf beschikbaar te zijn voor vragen van de leerlingen en ze zelf ondertussen ook gerichte vragen te kunnen stellen om te peilen of ze weten wat ze aan het doen zijn.

## EVALUATIE

De uitvoerbaarheid van het practicum staat ter discussie, wel biedt het voor de toekomst een startpunt voor een vervolg onderzoek.

De leerlingen uit de twee testgroepen hadden erg veel moeite met het uitvoeren van het practicum en gaven aan het erg ingewikkeld te vinden. Omdat niet met zekerheid vast te stellen is dat er sprake is van een leerproces, in overleg met Dhr. Wietsma en Dhr. Van der Veen er voor gekozen om een tweede practicum te ontwikkelen.

## PRACTICUM 2 DRUPPELS

In dit deel van het hoofdstuk worden de resultaten van het tweede practicum ter discussie gesteld.

### TIJDSDUUR PRACTICUM

De leerlingen in testgroep 3 zijn niet toegekomen aan het laatste deel van het practicum waarin leerdoelen 1b naar voren dient te komen. Het wel of niet behalen van dit leerdoel was daardoor niet meetbaar. Uit deze testgroep is wel gebleken dat het aannemelijk is dat het practicum in de huidige vorm niet binnen één lesuur past. De leerlingen hebben 30 minuten gewerkt aan het practicum, er was geen inleiding en geen afsluiting, tevens waren alle oplossingen (één begin oplossing alginaat) en materialen al klaargezet. Het is dus aan te bevelen om te onderzoeken of er een mogelijkheid is om dit practicum iets in te korten. Een eerste optie is het verplaatsen van het theorie gedeelte naar een voorbereidende les.

### TIMING

Beide testgroepen hebben geen enkele inleiding gehad en waren onbekend met de NLT-module Lab on a Chip. Dit was een lastig punt tijdens het testen van het practicum omdat de leerlingen geen idee hadden wat de context of het doel kon zijn. Aan de andere kant geeft dit goede hoop voor het practicum wanneer het wel op het juiste moment toegepast wordt. Het doel was immers om een practicum te ontwikkelen dat bij de module gebruikt kon worden en niet buiten de module. Hierbij wordt dus aangenomen dat dit kan leiden tot een verbetering in de leerprestaties van de leerlingen op het moment dat het practicum wel op het juiste moment toegepast wordt.

## OPSTELLING

In de huidige opzet van het practicum is er voor gekozen om de leerlingen zelf een opstelling te laten bedenken. Dit is gedaan om aan te sluiten bij het niveau waarvoor het practicum bedoeld is, 5 VWO. Maar omdat het vak NLT een multidisciplinair vak is, kan het voorkomen dat leerlingen geen ervaring hebben op dit vlak. Tijdens het testen van het practicum bleek dat enkele leerlingen de kunst afkeken bij de sterkere leerlingen. Het is dus sterk de vraag of alle leerlingen zelf een plan van aanpak bedacht hebben of dat één leerling dit heeft gedaan en de rest getracht heeft het na te doen. Een mogelijkheid om dit te voorkomen is om de opstelling toe te voegen aan het practicum, zodat de leerlingen dat deel niet zelf hoeven te bedenken.

## BEHAALDE LEERDOELEN

Leerlingen kijken bij elkaar af tijdens het practicum, zoals in de alinea hiervoor ook al aangestipt wordt. Het is tijdens het testen van het practicum opgevallen dat leerlingen veel overnemen van de sterkste leerling in de groep. Daarnaast is het de vraag in hoeverre deze kleine groepen representatief zijn voor alle 5 VWO leerlingen. Misschien waren dit juist wel de leerlingen die erg sterk zijn en zodoende betere leerprestaties laten zien. Het is dus met klem aan te raden het practicum bij grotere groepen leerlingen te testen, op zijn minst in een complete klas.

## GEBRUIKTE MATERIALEN

In dit practicum is gebruik gemaakt van een kunststof pasteur pipet. Tijdens de ontwerpfase is ook geëxperimenteerd met glazen pasteur pipetten, dit leverde vergelijkbare resultaten op. Echter, vanwege de kostbaarheid van de glazen pasteur pipetten Voor een vervolg onderzoek is het aan te bevelen om andere mogelijkheden op het gebied van de materialen te onderzoeken.

## DANKWOORD

Op deze plek wil ik een aantal mensen bedanken die mij bijgestaan hebben bij het uitvoeren van dit onderzoek. Allereerst wil ik graag Jan Jaap Wietsma bedanken voor zijn steun bij het bedenken van een practicum, het vinden van een context, het regelen van de leerlingen die als testgroep dienden en het brainstormen over de volgende stappen van het onderzoek. Het heeft mij erg geholpen bij het bepalen van de koers van dit onderzoek en het doorzetten om het tot een goed einde te brengen. Daarnaast wil ik Jan van der Veen bedanken voor zijn begeleiding in de keuze voor een tweede practicum en het hele proces dat daarop volgde. Ook wil ik Rianne Wanders en John Kooiker bedanken voor het bieden van de faciliteiten binnen het Leerlingenlab om mijn onderzoek te doen. Ik wil Daan Geijs bedanken voor zijn expert review en de daaropvolgende constructieve discussie.

Als laatste wil ik mijn vrienden en familie bedanken voor hun onvoorwaardelijke steun. Hierbij wil ik in het bijzonder mijn vriendin, mijn grote motivator, bedanken voor het lezen van mijn verslag met het commentaar dat daaruit volgde.

## REFERENTIES

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). *Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science*. International Journal of Science Education, 30 (14), 1945–1969.
- Elshout, J, van den. (2016) *Optimale zaadcel traceerbaar door temperatuur en cafeïne*, url: <https://www.utwente.nl/nieuws/!/2016/7/166977/optimale-zaadcel-traceerbaar-door-temperatuur-en-cafeine>.
- Floris, A., Staal, S., Lenk, S., Staijen, E., Kohlheyer, D., Eijkel, J., van den Berg, A. (2010), *A prefilled, ready-to-use electrophoresis based lab-on-a-chip device for monitoring lithium in blood*, Lab on a Chip, 10, p. 1799-1806
- Gravemeijer, K. P. E., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, N. Nieveen.(Eds.), *Educational design research* (pp. 45-85). London: Routledge.
- Johnson, David & Johnson, Roger. (1999). *Making cooperative learning work*. Theory Into Practice - THEORY PRACT. 38. 67-73. 10.1080/00405849909543834.
- Millar, R. (2010). *Analysing Practical Science Activities to assess and improve their effectiveness*. Hatfield: The association for Science Education.
- Rijksuniversiteit Groningen. (2016) *Lab o Chip game*, <http://www.rug.nl/sciencelinx/exhibits/permanenteexpo/levenswetenschappen/labochip/game/index.html>, bezocht: 26 juli 2016.
- Segerink, L.I., Sprenkels, A.J., Braak, P.M. ter, Vermes, I., Berg, A. van den. (2010) *On-chip determination of spermatozoa concentration using electrical impedance measurements*, Lab on a Chip, 10:8, 1018-1024.
- Séré, M., Leach, J., Niedderer, H., Psillos, D., Tiberghien, A., Vicentini, M. (feb. 1996 – apr. 1998). *Improving Science Education :issues and research on innovative empirical and computerbased approaches to labwork in Europe \*final report\**. Project funded by the European Commission under the Targeted Socio-Economic Research Programme (TSER)
- Universiteit Twente. (2018) *Leskoffers huren*, website onderdeel Pre-U Leerlingenlab
- Van der Berg, E., & Buning, J. (1994). *Practicum: leren ze er wat?* NVOX, 19:6, 245-249
- Van Merkerk, R. (2005) *Ontwikkeling van Lab-on-a-chip technologie*, Universiteit Utrecht
- Wagenaar, B. de, Geijs, D.J., Boer, H. de, Bomer, J.H., Olthuis, W., Berg, A. van den, Segerink, L.I., (2016), *Spermometer: electrical characterization of single boar sperm motility*, Fertility and Sterility, volume 106, Issue 3, pages 773-780
- Whitesides GM. (2006) *The origins and the future of microfluidics*. Nature. 442:368–373.

Wietsma, J.J. et al. (2015) *NLTC-V229 Leerlingentekst Lab on a chip – versie 1.1 VWO*, Bèta Steunpunt Oost.

## APPENDIX A GETTING PRACTICAL

| <div></div> | Wat zijn de leerdoelen van een praktische activiteit?<br>(Ik plande dat mijn leerlingen in staat waren om...) |                                                                                      |                                                               |                                                          |                                                              |                                           |                                                                                                                                             |                                    |                         |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|------------------------------------|----------------------------------|--|--|
|                                                                                                | A. Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen                                                      |                                                                                      |                                                               |                                                          | B. Gebruik van apparatuur; uitvoeren van gangbare werkwijzen |                                           | C1. Inzicht ontwikkelen wat betreft het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek<br>C2. Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek |                                    |                         |                                    |                                     |                                          |                                                                          | D. Affectieve en sociale doelen        |               | Andere leerdoelen (aangeven welke) |                                  |  |  |
|                                                                                                | A1. Weergeven wat is waargenomen                                                                              | A2. Waarnemingen met elkaar in verband brengen (bijv. overeenkomst, verschil, trend) | A3. Een concept, verklaring, model of theorie beter begrijpen | B1. Kennismaken met apparatuur en/of gangbare werkwijzen | B2. Verder oefenen met apparatuur en/of gangbare werkwijzen  | C1. Beter begrijpen hoe je onderzoek doet | C2a. Een onderzoeksvraag stellen                                                                                                            | C2b. Een plan van aanpak opstellen | C2c. Risico's evalueren | C2d. Relevante gegevens verzamelen | C2e. Gegevens effectief presenteren | C2f. Gegevens verwerken en interpreteren | C2g. Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens | C2h. De getrokken conclusies evalueren | D1. Motiveren | D2. Actief leren                   | D3. Samenwerken leren/stimuleren |  |  |
|                                                                                                |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                          |                                                              |                                           |                                                                                                                                             |                                    |                         |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |  |  |
|                                                                                                |                                                                                                               |                                                                                      |                                                               |                                                          |                                                              |                                           |                                                                                                                                             |                                    |                         |                                    |                                     |                                          |                                                                          |                                        |               |                                    |                                  |  |  |

## APPENDIX B LABJOURNAAL

Labjournaal testgroep 2.

dus te hoog is. Een druk van 25  $\mu\text{L}$  min<sup>-1</sup> geeft vrij kleine druppels dus moet ~~verhoogd~~ een waarde nemen 40  $\mu\text{L}$  min<sup>-1</sup> zou hierbij dus een goede druk zijn

### Discussie

De aangegeven waarde van 40  $\mu\text{L}$  per minuut is een stabiele waarde. Ook we hebben de waarden van 25 en 50  $\mu\text{L}$  gebruikt. Als we 40  $\mu\text{L}$  per minuut nemen dan zou de druppelgrootte ongeveer rond de 1100  $\mu\text{m}$  moeten uitkomen als het hier om een lineair verband gaat.

### Conclusie

De aangegeven druk komt ook overeen met de meetresultaten. Als we de druk vercelijken komen we bij een druk van 40  $\mu\text{L}$  per minuut ~~geen~~ gemiddeld uit op ongeveer 1000  $\mu\text{m}$  dit komt overeen met de resultaten van 25 en 50  $\mu\text{L}$  per minuut.

We willen onderzoeken wat het verschil is tussen de macroproef en de microproef. We gaan het druppelen op verschillende manieren proberen. Van een hoogte laten vallen bij het oppervlak los laten en onder het oppervlak.

Macro

opl 1: 4, 4, 6 mm

opl 2: 3, 3, 0 mm

opl 3: 4, 3, 4 mm

Bij oplossing 1 ontstaan de grootste druppels, oplossing 2 heeft de meeste druppels met dezelfde grootte.

→ waarneming:

Transporteer de druppels vooral niet te vaak, het leest maar aan 2 keer. Later tijdens de proef bij een druk van 50  $\mu\text{L}$  min<sup>-1</sup> werden de druppels steeds later gevormd maar bleef na ook weer eerder, het varieert dus steeds. Bij een druk van 50  $\mu\text{L}$  min<sup>-1</sup> is de variatie tussen de druppels erg groot, dit betekent dat de druk

# APPENDIX C PRACTICUM DRUPPELCHIP

---

Druppelchip • Juni 2016 • Onderzoek van Onderwijs

---

## Practicum Druppelchip

ROGIER W. TER BOGT

dr. J.J. Wietsma\*

University of Twente

r.w.terbogt@student.utwente.nl

Juni 2016

### Abstract

*In dit practicum ga je onderzoek doen naar het maken van druppels met behulp van de druppelchip en de Lab-on-a-Chip koffer. Aan de hand van een stukje theorie zal je eerst leren hoe het maken van druppels werkt. Hierbij leer je hoe je het formaat van de gemaakte druppels kan variëren. Nadat je begrijpt hoe dit werkt en de opstelling kent, kan je beginnen met het maken van druppels. Uiteindelijk zal je de theorie met de resultaten uit jouw proef vergelijken. Het is een echt wetenschappelijk onderzoek! Let er op dat alle opdrachten aangegeven staan met een ●, het uitvoerende gedeelte bestaat uit twee proeven en dat je alles noteert in het labjournaal.*

### INTRODUCTIE

Druppels, ze zijn er in allerlei maten en te gebruiken voor vele toepassingen. Als ze uit de lucht vallen noemen we het regenen en zorgt het er voor dat de grond van nieuwe voedingsstoffen wordt voorzien. Dit principe zorgt voor een gelijkmatige verdeling van deze voedingsstoffen. Dit is zomaar een voorbeeld van druppels in de natuur. Nu worden druppels ook gebruikt in laboratoria om dezelfde reden. Gelijkmatige verdeling! Maar dit is niet alles, verderop lees je meer over de voordelen. Het onderzoeksgebied naar het gebruik van druppels heet microfluidica, dit gebied is nog veel breder dan druppels, het beslaat het gehele lab-on-a-chip onderzoek! Populair is het onderzoek naar toepassingsmogelijkheden in de gezondheidszorg. Zo wordt er onderzoek gedaan naar het gebruik van druppels voor het transport van medicijnen in het menselijk lichaam [1]. Maar voor een medicijn op de juiste plek aankomt legt het een lange weg af. Om er voor te zorgen dat het deze reis ongeschonden kan voltooien kunnen we het medicijn inpakken in een pakketje. Zo'n pakketje kan een gel zijn, in vaktermen een hydrogel. De naam verklapt deels de samenstelling van de gel al, hij bestaat voornamelijk uit water. Dergelijke onderzoeken worden gepubliceerd in het blad Lab on a Chip.

In dit practicum ga je zelf met behulp van de druppelgenerator hele kleine druppels hydrogel maken! Hiervoor gebruik je als basis alginaat. Alginaat is een stof die gewonnen wordt uit zeewier. Het gebruik van alginaat voor het maken van druppels is niet nieuw, in de keuken van het restaurant wordt het al gebruikt, echter de toepassing waarvoor wij het gebruiken is wel nieuw. Je zal je nu afvragen waarvoor alginaat in de keuken wordt gebruikt. Dit is omdat

---

\*ELAN, Universiteit Twente

chef-koks steeds meer mogelijkheden ontdekken om koken naar een ander niveau te brengen. Het maken van druppels is er daar ook één van. Door smaakstoffen te verpakken in een druppeltje worden totaal nieuwe smaaksensaties gecreëerd. Om dit voor elkaar te krijgen wordt dus alginaat gebruikt. Je raadt het al, alginaat is eetbaar, maar natuurlijk wel alleen met de juiste bereiding!

Om druppels te kunnen maken in een chip hebben we twee vloeistoffen nodig die we aanvoeren. Deze vloeistoffen moeten als eigenschap hebben dat ze niet met elkaar willen mengen. Dit kan doordat één van beide hydrofoob is en de ander hydrofiel of doordat beide stoffen in dichtheid verschillen. Het resultaat is een emulsie, in dit practicum een alginaat in olie emulsie. Hoe je hier druppels van kan maken wordt verder uitgelegd in het volgende hoofdstuk. Dit practicum bevat ook een verdiepend onderdeel waarin je onderzoek kan doen naar hoe druppels in een chip ontstaan en wat de invloed van verschillende parameters is op de geproduceerde druppels.

## I. THEORIE

De wiskunde en natuurkunde die achter het maken van druppels schuil gaat is behoorlijk pittig, daarom zijn een paar hoofdpunten samengevat in het hoofdstuk verdieping. In dit hoofdstuk leggen we uit waar onze druppels uit bestaan. Zoals in het vorige hoofdstuk al was vermeld bestaat onze druppel uit alginaat, deze stof is ongevaarlijk voor ons en wordt vaak gebruikt als verdikkingsmiddel. Alginaat lost erg goed op in koud water, wat resulteert in een oplossing van individuele alginaatketens. Door alginaat te mengen met een oplossing van calciumchloride is het alginaat in staat om een netwerk te vormen. Dit netwerk bestaat uit dimeren. Een dimeer ontstaat door een interactie tussen één calcium cation met twee alginaatketens, zie figure 1. De gel die ontstaat is nog steeds erg kwetsbaar en zal ongeveer een uur zijn vorm behouden.

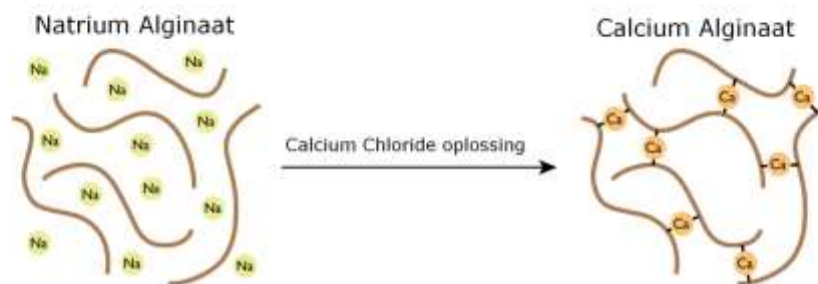
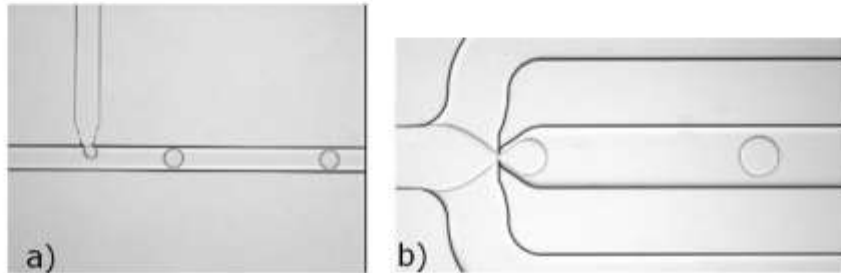


Figure 1: Omzetting van alginaat oplossing naar alginaat gel. [3]

- Het restproduct van de reactie in figure 1 smaakt zout. Hoe kan dit?
- Waarom is het calcium-alginaat netwerk niet meer oplosbaar in water?

Nu we weten hoe de hydrogel gemaakt wordt, volgt er nu een stukje uitleg over twee veel gebruikte druppelchip configuraties. De meest eenvoudig ogende maakt gebruik van een T-

splitsing, de iets meer gecompliceerd ogende maakt gebruik van een kruispunt en aan de zijde van de afvoer een spuitmond, zie figure 2. Bij de configuratie die getoond wordt in b) komt de wateraanvoer oorspronkelijk als één kanaal binnen, maar wordt hij op de chip gesplitst. Hierdoor ontstaan twee kanalen die water aanvoeren waar de druk en flow gelijk zijn.



**Figure 2:** a) Voorbeeld van een druppelchip configuratie genaamd T-junction. Voor het maken van druppels water in olie dient vanaf links de olie aangevoerd te worden en vanaf boven het water. In het artikel van Garstecki et al. wordt er dieper ingegaan op het maken van druppels met een T-junction [7]. b) Voorbeeld van een focused flow droplet generator (FFDG), een kruispunt van toevoeren en afvoer met spuitmond. Hier komt voor het maken van druppels water in olie de olie van links, het water komt van boven en onder. [5]

## II. VERDIEPING

Dit hoofdstuk gaat dieper in op de theorie achter het maken van druppelchips. Je zou dit hoofdstuk dan ook goed als naslagwerk kunnen gebruiken voor je discussie, na afloop van het practicum.

Om een druppelgenerator te maken zijn er drie getallen waar je rekening mee moet houden. Deze getallen zijn het Reynoldsgetal, Webergetal en het capillaire getal. Deze getallen moeten binnen een bepaalde waarde liggen om druppels te kunnen maken en hebben een bepaalde verhouding tot elkaar.

Het Reynolds getal is een maat voor de verhouding tussen inertiekrachten (traagheid) en viskeuze krachten, deze krachten verhouden zich als volgt

$$Re = \frac{\rho r_0 \dot{r}_0}{\eta}, \quad (1)$$

hierbij is  $r_0$  de karakteristieke lengte schaal (de afstand die de vloeistof aflegt, bijvoorbeeld de lengte van het kanaal) en  $\dot{r}_0$  de radiale snelheid die gelijk is aan de karakteristieke snelheid. Simpel gezegd is dit de gemiddelde snelheid over de gehele lengte van de buis. Daarbij is  $\rho$  vanzelfsprekend de dichtheid en  $\eta$  de viscositeit. Het Reynoldsgetal zegt of de stroming van een vloeistof in het kanaal laminair of turbulent is.

- Zoek op bij welke waarden van het Reynoldsgetal 1) een stroming laminair en 2) turbulent is.

- Wat is de eenheid van viscositeit en wat gebeurt er met het Reynolds getal als je 1) de viscositeit verhoogt en 2) de viscositeit verlaagd?

Het Webergetal geeft de verhouding tussen de inertiekracht en de kracht die volgt uit de oppervlakte spanning weer. Het Webergetal wordt berekend met de volgende vergelijking

$$We = \frac{\rho r_0 \dot{r}_0^2}{\gamma}, \quad (2)$$

Hierin is  $\gamma$  in  $\text{kg s}^{-2}$  de oppervlakte spanning. Als laatste blijft dan het capillaire getal over. Deze geeft de verhouding tussen de viskeuze krachten en de krachten als gevolg van de oppervlakte spanning weer als

$$Ca = \frac{\eta \dot{r}_0}{\gamma}, \quad (3)$$

Mocht je meer willen weten over de theorie en hoe je bijvoorbeeld gasdruppels maakt, kijk dan in het artikel van Van Hove et al. [4]. Als extraatje kan je ook het artikel van Jan Eijkel en Albert van den Berg lezen, hierin wordt over de gehele breedte de ontwikkelingen van nanofluidica besproken en ook de invloed van de hierboven besproken getallen op deze schaal [6].

- Bewijs dat alle drie de getallen dimensieloos zijn.

### III. VOOR- EN NADELEN

Enkele voor- en nadelen van het gebruik van druppels zijn hieronder opgesomd.

- Neem de lijstjes over en vul ze aan met ten minste twee voor- en nadelen.

#### *Voordelen*

1. Oppervlakte vergroting.
2. Nauwkeurigheid.
3. Zeer kleine schaal
4. Nieuwe mogelijkheden door oppervlakte modificatie. Denk hierbij aan het plaatsten van een waterdruppel in een oliedruppel, om zo het vetgehalte in voedingsmiddelen te verlagen.

#### *Nadelen*

1. Kwetsbaarheid.
2. Zeer kleine schaal.

3. Trage reactietijd. Het duurt seconden tot minuten voordat een aanpassing van de druk zijn uitwerking heeft op de druppels.
4. Mogelijke oscillaties door het gebruik van een injectiespuit [2]. Doordat de zuiger van de injectiespuit van rubber is, ondervindt hij wrijving als de pomp hem verder de spuit in duwt. Hierdoor kunnen minuscule trillingen door de vloeistof gaan. Ditzelfde effect heb je als je met een droge hand op tafel legt en van je af duwt.

- Het argument "zeer kleine schaal" staat in beide lijstjes. Beredeneer waarom dit een voor- en nadeel is.

- Vraag de docent of jouw antwoorden kloppen.

#### IV. BENODIGDHEDEN

1. Lab-on-a-Chip druppelchip opstelling
2. Natrium alginaat
3. Calciumchloride [ $\text{CaCl}_2$ ]
4. Tween-20
5. Demiwater
6. Isopropylalcohol [IPA of 2-Propanol]
7. 25 ml maatcilinder
8. Petrischaaltje [5x]
9. 50 ml beerglass [5x]
10. Zonnebloemolie [Olie]
11. Microspateltjes
12. Lepels
13. Geplastificeerd papier met een mm ruitjes patroon
14. USB microscoop [Lab-on-a-Chip koffer]
15. Microscoop
16. Kunststof pasteurpipet
17. Kleurstof Ponceau 4R of Briljantblauw

## V. METHODE

Om goed te begrijpen wat er gebeurt en hoe de druppels ontstaan ga je een macro en micro proef doen. We beginnen met de macro proef, een practicum op macro schaal, de naam zegt het al. Vervolgens als we ervaren hebben hoe je op deze schaal druppels kan maken en de resultaten verzameld hebt, gaan we het micro proef doen. Hiervoor maken we gebruik van de druppelchip opstelling van de Lab on a Chip koffer. De specifieke omschrijvingen volgen na de voorbereiding.

Voordat je metingen kan gaan doen, moeten er eerst nog wat voorbereidingen getroffen worden. Deze worden hier beschreven. NOTEER ALTIJD OP HET GLASWERK WAT ER IN HET GLASWERK ZIT!!!

### Oplossingen maken:

1. Maak 25 mL alginaat in water oplossing van  $3 \text{ g L}^{-1}$ . Goed oplossen!
2. Voeg kleurstof toe. LET OP! Voor Ponceau 4R  $3 \text{ g L}^{-1}$  en voor Briljantblauw  $0.2 \text{ g L}^{-1}$
3. Voeg 1 mL Tween-20 toe.
4. Van de alginaat oplossing is 15 mL voor de macro proef en 10 mL voor de micro proef. Verdeel de oplossing over 2 bekersglazen.
5. Maak 2x 25 mL calciumchloride in water oplossing van tenminste 100 mM. Voor elke proef heb je immers 25 mL nodig.

Om goed te begrijpen hoe de druppels ontstaan en welke parameters we allemaal onder controle moeten hebben om druppels te maken die allemaal van gelijke afmeting zijn, gaan we eerst met de hand oefenen. De macro proef. Hiervoor hebben we het volgende nodig:

1. Plastic pasteurpipetjes
2. 25 mL Calciumchloride oplossing.
3. 15 mL Alginaat oplossing.
4. Geplastificeerd papier met een mm ruitjes patroon.
5. 10 mL Injectiespuit. [Lab on a Chip koffer]

### Macro proef:

1. Verdeel je alginaat oplossing over 3 reageerbuisjes.
2. Voeg aan reageerbuis 2 toe: 5 mL demiwater. Deze oplossing bevat nu  $1.5 \text{ g L}^{-1}$  alginaat.
3. Voeg aan reageerbuis 3 toe:  $0.0075 \text{ g}$  alginaat. Deze oplossing bevat nu  $4.5 \text{ g L}^{-1}$  alginaat.

4. Probeer met behulp van een plastic pasteur pipet om gelijkmatig druppels te produceren. Dit doe je door Alginaat oplossing op te zuigen en vervolgens in de Calcium Chloride te druppelen. Probeer dit op verschillende manieren.
5. Herhaal de voorgaande oefening met de 10 mL injectiespuit.
6. Beschrijf je bevindingen in het labjournaal.

- Er is nu een overmaat aan calciumchloride aanwezig. Beredeneer wat er gebeurt als er te weinig calciumchloride in de oplossing aanwezig is.
- Hoe ontstaan de hydrogel druppels?
- Is het gelukt om druppels van gelijke afmetingen te maken?

#### Micro proef:

Nu je hebt ervaren wat er bij komt kijken om met de hand druppels te maken, ga je dit op micro schaal met de druppelchip doen. Lees eerst de volgende lijst van handelingen door voordat je begint. Maak ook nu weer een onderzoeksplan!

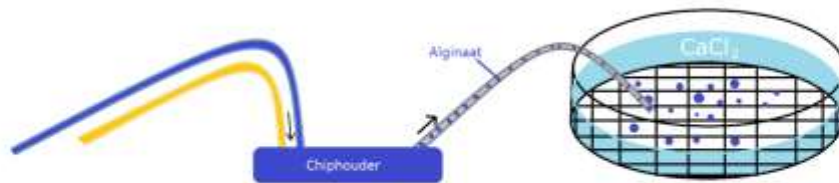


Figure 3: Schematische weergave van de opstelling. • Probeer deze nu te bouwen en maak een schets in je labjournaal.

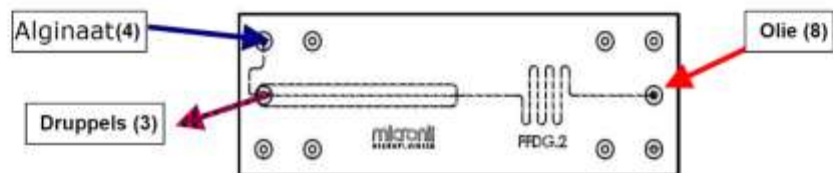


Figure 4: Aansluitschema druppelchip uit NLT module Lab on a Chip

- Bedenk drie mogelijke toepassingen van hydrogel druppels, noteer deze en motiveer kort hoe je dit voor je ziet.
1. Maak de opstelling volgens het voorschrift van de NLT module Lab on a Chip, vervang hierin de injectiespuit met water voor een injectiespuit met jouw alginaat oplossing. Zie ook het aansluitschema in figure 4.

2. Schrijf een onderzoeksplan (zie hoofdstuk VI) voor de twee onderstaande oefeningen en voer het uit.
3. Maak na afloop van de metingen de druppelchip weer schoon volgens het voorschrift van de NLT module Lab-on-a-Chip.

## VI. ONDERZOEKSPLAN

- Wat wil je gaan onderzoeken en hoe? Wat verwacht je als resultaat te krijgen?

Neem de tabellen over in je labjournaal.

**Table 1:** Experimentele waarden.

| Experiment | <i>Oliedruk</i> [ $\mu\text{L min}^{-1}$ ] | <i>Alginaatdruk</i> [ $\mu\text{L min}^{-1}$ ] |
|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1          | 40                                         |                                                |
| 2          | 40                                         |                                                |
| 3          | 40                                         |                                                |
| 4          | 40                                         |                                                |
| 5          | 40                                         |                                                |
| 6          | 40                                         |                                                |
| 7          | 40                                         |                                                |
| 8          | 40                                         |                                                |
| 9          | 40                                         |                                                |
| 10         | 40                                         |                                                |

## VII. RESULTATEN

**Table 2:** Meetresultaten.

| Experiment | Diameter[ $\mu\text{m}$ ] | Standaarddeviatie[ $\mu\text{m}$ ] |
|------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1          |                           |                                    |
| 2          |                           |                                    |
| 3          |                           |                                    |
| 4          |                           |                                    |
| 5          |                           |                                    |
| 6          |                           |                                    |
| 7          |                           |                                    |
| 8          |                           |                                    |
| 9          |                           |                                    |
| 10         |                           |                                    |

- Verwerk je resultaten in een grafiek met op de x-as het debiet van de alginaat toevoer en op de y-as de diameter van de druppels.

## VIII. DISCUSSIE

- Bespreek je meetresultaten en maak gebruik van de theorie om een verklaring te geven.

## IX. CONCLUSIE

- Wat is het uiteindelijke resultaat van je onderzoek?

#### REFERENCES

- [1] Riahi, R. et al., Microfluidics for advanced drug delivery systems, *Current Opinion in Chemical Engineering*, Volume 7, February 2015, p. 101-112
- [2] Korczyk, P.M. et al., Effects of unsteadiness of the rates of flow on the dynamics of formation of droplets in microfluidic systems., *Lab Chip*, 2011, **11**, p. 173-175
- [3] Phan, S. et al., Deconstructed Apple Pie, *The Science of Pie*, May 19, 2013.
- [4] Hoeve, W. van et al., Microbubble formation and pinch-off scaling exponent in flow-focusing devices, *Phys. Fluids*, **23**, 092001 (2011); doi: 10.1063/1.3631323
- [5] T-Junction en FFDG afbeelding, url: <http://www.micronit.com/technologies/lab-on-a-chip-platforms/droplet-generation/>, bezocht: 18 juni 2016, laatste wijziging: onbekend.
- [6] Eijkel, J.T.C., van den Berg, A., Nanofluidics: what is it and what can we expect from it?, *Microfluid Nanofluid*, **1**, 2005, p. 249-267
- [7] Garstecki P, Fuerstman MJ, Stone HA, Whitesides GM. Formation of droplets and bubbles in a microfluidic T-junction-scaling and mechanism of break-up. *Lab Chip*. 2006;6:437a-446.

# APPENDIX D DOCENTHANDLEIDING

## X. DOCENTHANDLEIDING

In deze sectie worden kort de keuzemogelijkheden die de docent heeft voorafgaand aan dit practicum beschreven. Mogelijkheden om tijd te besparen en punten waar op gelet moet worden bij de uitleg.

Het practicum is bedoeld voor 5 VWO in combinatie met de NLT module Lab on a Chip. Afzonderlijk van elkaar uitvoeren is ervaren als een hels karwei. De leerling heeft de kennis die opgedaan wordt in de module nodig wil hij dit practicum succesvol uitvoeren. Het practicum in zijn geheel is door de leerlingen uit te voeren, het is echter verstandig om de leerling bij het afwegen van calciumchloride handschoenen aan te laten doen. Het volledige practicum door de leerling uit laten voeren neemt 2.5 tot 3 klokuren in beslag.

### Voorbereidende les

Voorafgaand aan het practicum is het aan te raden een les uur te gebruiken om het practicum voor te bereiden. Laat de leerling als huiswerk de theorie doornemen en de opdrachten daarbij maken. Bespreek dit vervolgens in de les.

### Oplossingen

Het practicum heeft een reeks oplossingen nodig, verschillende concentraties alginaat oplossing en calciumchloride oplossing. Om tijd te besparen kunnen deze al door een TOA worden voorbereid. Hierdoor bespaar je ongeveer 30 minuten. Tevens ben je er zeker van dat de concentraties kloppen en dat leerlingen niet in een rij staan bij de balans.

### Theorie

Leg de nadruk op het begrijpen van de chemische reactie tussen natriumalginaat en calciumalginaat. Wat is het gevolg en waarom voegen we deze niet direct op chip samen? De gevolgen van het variëren van de viscositeit, ten gevolge van de verschillende alginaat concentraties, is vooraf in te schatten. Laat de leerling dit ook doen, zodat ze een theoretisch gefundeerd beeld krijgen van wat ze verwachten en niet zomaar wat gokken.

### Onderzoeksplan

Het maken van het onderzoeksplan kan in principe buiten het uitvoeren van het practicum om. Hiermee kan ook zeker een 30 minuten bespaard worden en kan de leerling vooraf al feedback ontvangen of hij in de juiste richting zit. Tevens laat de leerling hiermee zien wat zijn mate van begrip ten aanzien van onderzoek doen is.

### Doelen

Aan het eind van het practicum heeft de leerling inzicht in het maken van druppel met behulp van de microchip. De leerling kan voorbeelden noemen van toepassingen in de praktijk of kan zelf een voorbeeld schetsen. De leerlingen heeft ervaren hoe het is om systematisch onderzoek te doen in een wetenschappelijke setting. De leerling kan de invloed van pompsnelheden en viscositeit op de afmeting van de ontstane druppel omschrijven. De leerling kan in grove lijnen beschrijven wat het verschil is tussen handmatig druppels maken en met de microchip.

# APPENDIX E PRACTICUM DRUPPELS

Druppels • Maart 2018 • Onderzoek van Onderwijs

---

## Practicum Druppels

ROGIER W. TER BOGT  
dr. J.J. Wietsma\*

University of Twente  
r.w.terbogt@student.utwente.nl  
Maart 2018

### Inleiding

*In de NLT-module Lab on a Chip heb je reeds kennis gemaakt met de mogelijkheden van een Lab on a Chip. Een dergelijke chip kan gebruikt worden om druppels te genereren. In dit practicum ga je ervaren hoe het met de hand maken van druppels in zijn werk gaat. Daarbij zal je waarnemingen doen aan de druppels die je maakt. Deze waarnemingen zal je op deze practicumhandleiding verwerken. Gedurende het practicum zal je ervaren wat de invloed van de viscositeit van een oplossing is op de vorm en stabiliteit van een druppel en deze ervaring onder woorden brengen in je conclusie. Na afloop van het practicum kan je verklaren hoe een hydrogel ontstaat uit de reactie tussen natriumalgiinaat en calciumchloride, kan je het verband leggen tussen de viscositeit van een vloeistof en de vorm van een druppel en heb je ervaren hoe het is om met de hand druppels te maken. Als afsluitende opdracht zal je een ontwerp maken van een druppelchip die algiinaat druppels kan maken.*

*Let er op dat alle opdrachten aangegeven staan met een ■, je zal tijdens het practicum wat vragen moeten beantwoorden die je helpen bij het doen van de waarnemingen. Je werkt je bevindingen uit op dit document en levert het na afloop in bij je docent.*

*Naam:*  
*Klas:*  
*Datum:*

### INTRODUCTIE

Druppels, ze zijn er in allerlei maten en te gebruiken voor vele toepassingen. Als ze uit de lucht vallen noemen we het regen en zorgen ze er voor dat de grond van nieuwe voedingsstoffen wordt voorzien. Dit principe zorgt voor een gelijkmatige verdeling van deze voedingsstoffen. Dit is zomaar een voorbeeld van druppels in de natuur. Nu worden druppels ook gebruikt in laboratoria om dezelfde reden. Gelijkmatige verdeling! Maar dit is niet alles, verderop lees je meer over de voordelen. Het onderzoeksgebied naar het gebruik van druppels heet microfluidica, dit gebied is nog veel breder dan druppels, het beslaat het gehele lab-on-a-chip onderzoek! Populair is het onderzoek naar toepassingsmogelijkheden in de gezondheidszorg. Zo wordt er onderzoek gedaan naar het gebruik van druppels voor het transport van medicijnen in het menselijk lichaam [1]. Maar voor een medicijn op de juiste plek aankomt legt het een lange weg af. Om er voor te zorgen dat het deze reis ongeschonden kan voltooien kunnen we het medicijn inpakken in een pakketje. Zo'n pakketje kan een gel zijn, in vaktermen een hydrogel. De naam verklapt de samenstelling van de gel al, hij bestaat voornamelijk uit water.

---

\*ELAN, Universiteit Twente

Dergelijke onderzoeken worden gepubliceerd in het blad Lab on a Chip. Op dit moment worden hydrogels gebruikt voor kraakbeenreparatie. Hierbij worden kraakbeencellen verpakt in een hydrogel gemaakt van alginaat. De structuur van alginaat lijkt immers op de matrix waarin kraakbeencellen zich in gezond weefsel bevinden. De alginaat concentratie bepaalt de viscositeit van een druppel, vervolgens zegt de viscositeit weer iets over de weerstand die de hydrogel biedt tegen vervorming. In de sectie I staat verder uitgelegd hoe de hydrogel tot stand komt en wat we bedoelen met viscositeit.

In dit practicum ga je zelf met behulp van verschillende pipetten hele kleine druppels hydrogel maken! Hiervoor gebruik je als basis alginaat. Alginaat is een stof die gewonnen wordt uit zeewier. Het gebruik van alginaat voor het maken van druppels is niet nieuw, in de keuken van het restaurant wordt het al gebruikt, echter de toepassing waarvoor wij het gebruiken is wel nieuw. Je zal je nu afvragen waarvoor alginaat in de keuken wordt gebruikt. Dit is omdat chef-koks steeds meer mogelijkheden ontdekken om koken naar een ander niveau te brengen. Het maken van druppels is er daar ook één van. Door smaakstoffen te verpakken in een druppeltje worden totaal nieuwe smaaksensaties gecreëerd. Om dit voor elkaar te krijgen wordt dus alginaat gebruikt. Je raadt het al, alginaat is eetbaar, maar natuurlijk wel alleen met de juiste bereiding!

Om druppels te kunnen maken, maken we gebruik van verschillende alginaat oplossingen, een calciumchloride oplossing, olie en tweeen (het werkende bestandsdeel van zeep). De alginaat en calciumchloride oplossingen zullen uiteindelijk er voor zorgen dat we een hydrogel krijgen, hoe dat werkt leer je straks in sectie I. Waarvoor de olie en de tweeen dienen, dat ga je zelf beschrijven aan de hand van het volgende stukje tekst.

*“Om succesvol druppels te genereren met een druppelchip moeten de vloeistoffen die samen in de chip gebruikt worden als eigenschap hebben dat ze niet met elkaar willen mengen en ook scheidbaar zijn. Dit kan doordat één van beide hydrofoob is en de ander hydrofiel of doordat beide stoffen in dichtheid verschillen. Het resultaat is een emulsie, in deze toepassing een alginaat in olie emulsie.”*

■ Leg kort uit wat het verschil is tussen hydrofoob en hydrofiel.

---

---

---

---

---

■ Leg kort uit waarom de alginaat oplossing en olie van elkaar te scheiden zijn.

---

---

---

---

---

## I. THEORIE

In deze sectie leggen we uit hoe algiinaat druppels een hydrogel worden en wat het begrip viscositeit inhoudt.

### Algiinaat

Zoals in de vorige sectie al was vermeld bestaat onze druppel uit algiinaat. Deze stof is ongevaarlijk (het wordt gewonnen uit zeewier of door bacteriën geproduceerd [2]) voor ons en wordt vaak gebruikt als verdikkingsmiddel. Algiinaat lost goed op in koud water, wat resulteert in een stroperige vloeistof met daarin individuele algiinaatketens. Door algiinaat te mengen met een oplossing van calciumchloride is het algiinaat in staat om een netwerk te vormen. Dit netwerk bestaat uit dimeren. Een dimeer ontstaat door een interactie tussen één calcium cation met twee algiinaatketens, zie figuur 1. De gel die ontstaat is nog steeds erg kwetsbaar en zal maar een bepaalde tijd zijn vorm behouden. Je bent er dus bij gebaat om tijdens dit practicum je waarnemingen direct te noteren.



figuur 1: Omzetting van algiinaat oplossing naar algiinaat gel. [3]

■ Het restproduct van de reactie in figuur 1 heeft een zoute smaak. Leg uit waarom dit zo is.

---



---



---



---

■ Leg kort uit waarom het calcium-algiinaat netwerk niet meer oplosbaar in water is. Maak hierbij gebruik van figuur 1.

---



---



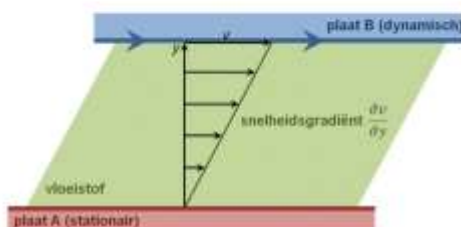
---



---

### Viscositeit

In hoeverre we een fluïdum (vloeistof of gas) stroperig vinden, dat noemen we de viscositeit. De viscositeit van een fluïdum zegt namelijk iets over de mate waarin het weerstand geeft aan een externe kracht. Deze externe kracht noemen we de schuifspanning. In figuur 2 zie je hoe de viscositeit van een fluïdum bepaald wordt.



**figuur 2:** Een schematische weergave van de schuifspanning bepaling die de mate van viscositeit bepaalt. Plaat B beweegt ten opzichte van plaat A. De kracht die daarvoor nodig is, die is gelijk aan de schuifspanning. [4]

In de praktijk zie je dit als volgt terug. De schuifspanning gedeeld door de snelheidsgradiënt geeft de viscositeit. Een fluïdum met een hoge viscositeit die een constante kracht ondervindt, bijvoorbeeld de zwaartekracht, zal een lage snelheidsgradiënt hebben. Hierdoor zal het niet snel toegeven aan de verandering. Je kan dit als volgt zien. Als je een flesje voor de helft vult met water en op de kop houdt, dan valt het water direct naar beneden. Wanneer je hetzelfde met honing of stroop doet zal je een ander resultaat krijgen. In beide situaties reageert het fluïdum anders op de zwaartekracht. De vergelijking voor de viscositeit van een fluïdum is in woorden:

$$\text{Viscositeit} = \frac{\text{Schuifspanning}}{\text{Snelheidsgradiënt}} \quad (1)$$

In symbolen geeft dit het volgende:

$$\eta = \frac{\tau}{\left(\frac{dv}{dy}\right)} \quad (2)$$

met  $\eta$  de viscositeit in  $\text{Pa} \cdot \text{s}$  en  $\tau$  de schuifspanning in  $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ . In het practicum zal je de invloed van de viscositeit op de vorm en het maken van druppels ervaren.

## II. DE PROEVEN

Het doel van de proeven is om beter te begrijpen wat de invloed van de viscositeit van een oplossing op de vorm van een druppel in een lab-on-a-chip is. Voordat je kan beginnen aan het uitvoeren van de proeven, moet er eerst het volgende gedaan worden:

1. Benodigdheden verzamelen
2. Oplossingen voorbereiden
3. Werkwijze bedenken

Wanneer dit gedaan is, kan je de proeven uitvoeren aan de hand van je werkwijze. Het is belangrijk om je waarnemingen nauwkeurig bij te houden. Aan het eind, na de proeven, zal je in de discussie en conclusie bespreken wat je hebt waargenomen en wat je hiervan kan leren. Mocht je gedurende het practicum de draad kwijt raken, keer dan terug naar deze pagina en controleer of je alles in de juiste volgorde hebt uitgevoerd.

### *Benodigdheden voor het maken van de oplossingen*

1. Natrium alginaat
2. Calciumchloride [ $\text{CaCl}_2$ ]
3. Tween-20
4. Demiwater
5. 25 mL maatcilinder [2x]
6. 100 mL bekeerglas
7. Microspateltje
8. Lepel [2x]
9. Kleurstof Ponceau 4R of Briljantblauw
10. Watervaste stift
11. Latex handschoenen

### *Benodigdheden voor de proef*

1. Reageerbuis [5x]
2. Zonnebloemolie [Olie]
3. Kunststof pasteurpipet
4. 50 mL bekeerglas [5x]

### *Voorbereiding*

Voordat we de proef kunnen uitvoeren en waarnemingen kunnen doen, heb je een aantal oplossingen nodig. Indien je docent of TOA deze al heeft gemaakt, sla dan dit deel over en ga verder bij *Proef*. Bij het maken van de oplossingen is het van het allergrootste belang dat je schoon en precies te werk gaat! Elk korreltje te veel of te weinig kan invloed hebben op de reproduceerbaarheid van jouw proef. Het kunnen reproduceren van een proef is één van de grondbeginselen van het doen van wetenschappelijk onderzoek.

### *Oplossingen maken*

1. Noteer op elk stuk glaswerk wat je er in gaat doen!
2. Maak in een reageerbuis 10 mL alginaat in water oplossing van  $3 \text{ g L}^{-1}$ . Goed oplossen!
3. Voeg kleurstof toe. LET OP! Voor Ponceau 4R  $3 \text{ g L}^{-1}$  en voor Briljantblauw  $0.2 \text{ g L}^{-1}$
4. Voeg 1 mL Tween-20 toe aan de alginaat oplossing.
5. Maak in een 100 mL beerglass 100 mL calciumchloride in water oplossing van tenminste  $11.1 \text{ g L}^{-1}$ .

Nu je de oplossingen hebt kan je met de eerste proef beginnen. In deze eerste proef werk je met de basis concentratie alginaat. Deze basis concentratie is een concentratie die, in het vooronderzoek aan dit practicum, stabiele resultaten gaf. Na het uitvoeren van deze proef zal je zelf moeten bedenken met welke alginaat concentratie je verder wil werken. Ga je de concentratie verlagen, verhogen of doe je het allebei?

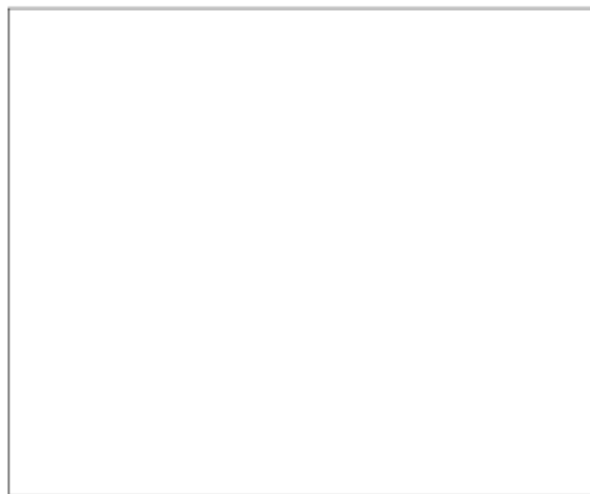
### *Benodigdheden voor de proef*

1. Plastic pasteurpipetjes.
2. 20 mL Calciumchloride oplossing.
3. 10 mL Alginaat oplossing.
4. Zonnebloemolie.
5. 50 mL beerglass.

■ Bedenk zelf een werkwijze waarmee je waarnemingen kan doen aan de vorm van de alginaat druppel op de volgende situaties:

1. Wanneer de druppel aan het uiteinde van de pasteurpipet hangt.
2. Wanneer de druppel zich in de calciumchloride oplossing bevindt.

Maak hierbij gebruik van de benodigdheden voor de proef. Maak op de volgende pagina in figuur 3 een schets van je opstelling en beschrijf daaronder je werkwijze. Tip: probeer wat verschillende opstellingen uit.



**figuur 3:** Ruimte voor de schets van je opstelling.

*Werkwijze*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Heb je een werkwijze beschreven waarmee je de druppel kan beschrijven wanneer deze aan het uiteinde van de pasteurpipet hangt en wanneer deze zich in de calciumchloride bevindt? Ga dan door naar de volgende opdracht, het uitvoeren van de eerste proef.

■ Voer je eerste proef uit met de alginaat oplossing van  $3 \text{ g L}^{-1}$ . Maak een schets van de druppel in situatie 1 en 2 zoals beschreven in de vorige opgave. Beschrijf daarna in woorden de vorm van de druppel in de beide situaties.

| Situatie 1: uiterste peil van pipet | Situatie 2: calcuonchloride oplossing |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
|                                     |                                       |

**figuur 4:** Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.

---

---

---

---

---

■ Maak nu zelf nog 4 alginaat oplossingen. Beschrijf hieronder welke concentraties en wat je verwachtingen zijn.

---

---

---

---

---

■ Herhaal je zelf gemaakte werkwijze uit het eerste proefje, dit keer met je 4 zelf gemaakte alginaat oplossingen uit de vorige opdracht. Leg de nadruk op verschillen en overeenkomsten tussen alle concentraties.

|                                           |                                             |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <p>Situatie 1: uiterste pasteur pipet</p> | <p>Situatie 2: calciumchloride oplozing</p> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|

**figuur 5:** Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.

Alginaat concentratie: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

|                                            |                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <p>Situatie 1: uitleende pasteur pipet</p> | <p>Situatie 2: calciumchloride oplossing</p> |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|

**figuur 6:** Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.

Alginaat concentratie: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

|                                           |                                              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <p>Situatie 1: uiterste pasteur pipet</p> | <p>Situatie 2: calciumchloride oplossing</p> |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|

**figuur 7:** Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.

Alginaat concentratie:\_\_\_\_\_

---

---

---

---

|                                           |                                              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <p>Situatie 1: uiterste pasteur pipet</p> | <p>Situatie 2: calciumchloride oplossing</p> |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|

**figuur 8:** Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.

Alginaat concentratie: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Je hebt nu zelf 4 kleine proeven gedaan met verschillende concentraties alginaat. Deze druppels heb je opgevangen in een calciumchloride oplossing. In de theorie heb je gelezen wat de functie van de calciumchloride oplossing is. Daar gaan we nu even kort beter naar kijken. In de volgende proef ga je onderzoeken wat er gebeurt met een druppel alginaat oplossing wanneer deze in aanraking komt met een vloeistof zonder calciumchloride.

■ In elke proef is nu een overmaat calciumchloride aanwezig. Beredeneer wat er gebeurt als er te weinig calciumchloride in de oplossing aanwezig is. Schrijf je vermoeden uit.

---

---

---

---

---

---

---

---

■ Toets je vermoeden uit de vorige opgave door een druppel alginaatoplossing in demiwater te druppelen. Beschrijf wat je ziet.

---

---

---

---

---

---

---

---

■ Wat is de oorzaak van je waarneming in de vorige opdracht?

---

---

---

---

---

---

---

---

Nu we alle proeven uitgevoerd en waargenomen hebben, kunnen we de waarnemingen samenvatten en concluderen.

### III. DISCUSSIE

■ Bespreek je meetresultaten. Wat is je opgevallen? Gingen alle proeven zoals je verwacht had of zijn er een paar resultaten onbruikbaar? Bespreek ten minste twee waarnemingen.

---

---

---

---

---

---

---

---

### IV. CONCLUSIE

■ Wat heb je geleerd van je onderzoek? Is er een verband tussen alginaat concentratie en de vorm van de druppel? Welke verbanden heb je nog meer gevonden? Beschrijf ten minste twee dingen die je geleerd hebt.

---

---

---

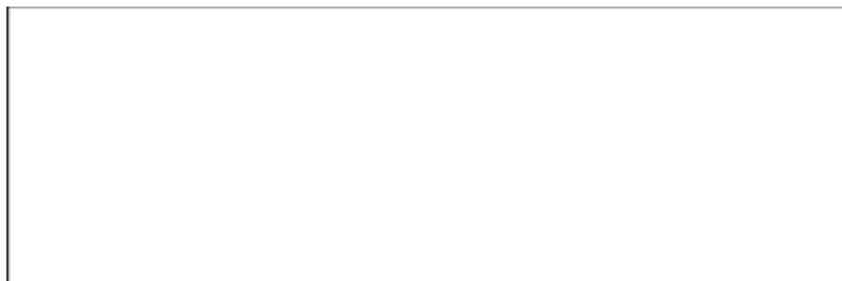
---

---

---

---

---



**figuur 9:** Ruimte voor de schets van je ontwerp.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

#### REFERENCES

- [1] Riahi, R. et al., Microfluidics for advanced drug delivery systems, *Current Opinion in Chemical Engineering*, 7, februari 2015, p. 101-112
- [2] B.H. Rehm, S.Valla., Bacterial alginates: biosynthesis and applications., *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 1997, 48, nr. 3, p. 281-288. PMID 9352672
- [3] Phan, S. et al., Deconstructed Apple Pie, *The Science of Pie*, 19 mei 2013
- [4] Dr. T., Viscositeit, *Wikipedia*, 19 maart 2010.

# APPENDIX F DOCENTHANDLEIDING

## V. DOCENTHANDLEIDING

In deze sectie worden kort de keuzemogelijkheden die de docent heeft voorafgaand aan dit practicum beschreven. Mogelijkheden om tijd te besparen en punten waar op gelet moet worden bij de uitleg.

Het practicum is bedoeld voor 5 VWO in combinatie met de NLT module Lab on a Chip. Dit practicum geeft de leerling de gelegenheid om het begrip viscositeit te onderzoeken. Het practicum in zijn geheel is door de leerlingen uit te voeren, wijs de leerling er op om bij het afwegen van calciumchloride handschoenen te dragen. Het volledige practicum door de leerling uit laten voeren neemt ongeveer 2 klokuren in beslag. Je kan het practicum door leerlingen individueel of in duo's laten uitvoeren.

### Voorbereidende les

Voorafgaand aan het practicum is het aan te raden in de les aandacht te besteden aan de theorie in het practicum. Laat bijvoorbeeld de leerling als huiswerk de theorie doornemen en de opdrachten daarbij maken. Bespreek dit vervolgens in de les, leg daarbij de nadruk op de schuifspanning en het feit dat polymeren met grotere ketens meer in elkaar haken en daardoor een hogere viscositeit hebben. Bespreek ook het begrip viscositeit in praktische toepassingen.

### Oplossingen

Het practicum heeft een reeks oplossingen nodig, verschillende concentraties alginaat oplossing en calciumchloride oplossing. Om tijd te besparen kunnen deze al door een TOA worden voorbereid. Hierdoor bespaar je ongeveer 30 minuten. Tevens ben je er zeker van dat de concentraties kloppen en dat leerlingen niet in een rij staan bij de balans. Bedenk je hierbij wel dat je de leerlingen de kans ontnemt om zelf te bedenken welke concentraties ze willen onderzoeken en je zodoende het practicum van een belangrijk leerdoel berooft.

### Theorie

Laat de leerling het verband tussen de chemische reactie tussen natriumalginaat en calciumchloride en het ontstaan van een hydrogel zien, kennis maken met een medische toepassing van een hydrogel dat potentieel heeft om op een lab-on-a-chip gemaakt te worden en laat de leerling ontdekken wat de invloed van viscositeit op een vloeistof en druppels is. Wat is het gevolg en welke moeilijkheden brengt dit met zich mee in de chip? De gevolgen van het variëren van de viscositeit, ten gevolge van de verschillende alginaat concentraties, is vooraf in te schatten. Laat de leerling dit ook echt zelf doen, zodat ze een theoretisch gefundeerd beeld krijgen van wat ze verwachten en niet zomaar wat gokken of uitgaan van de kennis en kunde van hun docent.

### Doelen

In dit practicum komende volgende leerdoelen aan bod:

1. Domein: Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen.
  - (a) Weergeven wat is waargenomen.
  - (b) Waarnemingen met elkaar in verband brengen.
2. Domein: Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek.
  - (a) Gegevens verwerken en interpreteren.
  - (b) Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens.
3. Domein: Affectieve en sociale doelen.
  - (a) Actief leren

## APPENDIX G EXPERT REVIEW

### Overzicht praktische activiteiten (VO)





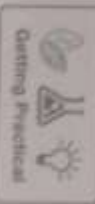
Getting Practical

| Wat zijn de leerdoelen van een praktische activiteit?<br>(Ik plande dat mijn leerlingen in staat waren om...) |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|---------------------------------|------------------------------------|--|
| A. Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen                                                      | B. Gebruik van apparatuur; uitvoeren van gangbare werkwijzen |  | C1. Inzicht ontwikkelen wat betreft het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek |  |  |  |  |  |  | D. Affectieve en sociale doelen | Andere leerdoelen (aangeven welke) |  |
|                                                                                                               |                                                              |  | C2. Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek                            |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| A1. Weergeven wat is waargenomen                                                                              |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| A2. Waarnemingen met elkaar in verband brengen (bijv. overeenkomst, verschil, trend)                          |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| A3. Een concept, verklaring, model of theorie beter begrijpen                                                 |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| B1. Kennismaken met apparatuur en/of gangbare werkwijzen                                                      |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| B2. Verder oefenen met apparatuur en/of gangbare werkwijzen                                                   |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C1. Beter begrijpen hoe je onderzoek doet                                                                     |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2a. Een onderzoeksvraag stellen                                                                              |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2b. Een plan van aanpak opstellen                                                                            |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2c. Risico' s evalueren                                                                                      |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2d. Relevante gegevens verzamelen                                                                            |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2e. Gegevens effectief presenteren                                                                           |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2f. Gegevens verwerken en interpreteren                                                                      |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2g. Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens                                      |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| C2h. De getrokken conclusies evalueren                                                                        |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| D1. Motiveren                                                                                                 |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| D2. Actief leren                                                                                              |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
| D3. Samenwerken leren/stimuleren                                                                              |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
|                                                                                                               |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
|                                                                                                               |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |
|                                                                                                               |                                                              |  |                                                                                   |  |  |  |  |  |  |                                 |                                    |  |

Leerdoelen →

ACTIVITEIT





Wat zijn de leerdoelen van een praktische activiteit?  
(Ik plande dat mijn leerlingen in staat waren om...)

| Leerdoelen →                                                                                                                                | ACTIVITEIT<br>↓                                                                      | Practische doelen |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                             |                                                                                      |                   |  |  |  |  |  |
| A. Natuurwetenschappelijke kennis en inzicht ontwikkelen                                                                                    | A1. Weergeven wat is waargenomen                                                     | X                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | A2. Waarnemingen met elkaar in verband brengen (bijv. overeenkomst, verschil, trend) | X                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | A3. Een concept, verklaring, model of theorie beter begrijpen                        |                   |  |  |  |  |  |
| B. Gebruik van apparatuur, uitvoeren van gangbare werkwijzen                                                                                | B1. Kennismaken met apparatuur en/of gangbare werkwijzen                             |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | B2. Verder oefenen met apparatuur en/of gangbare werkwijzen                          |                   |  |  |  |  |  |
| C1. Inzicht ontwikkelen wat betreft het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek<br>C2. Bepaalde aspecten leren van het doen van onderzoek | C1. Beter begrijpen hoe je onderzoek doet                                            |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2a. Een onderzoeksvraag stellen                                                     |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2b. Een plan van aanpak opstellen                                                   |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2c. Risico's evalueren                                                              |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2d. Relevante gegevens verzamelen                                                   | X                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2e. Gegevens effectief presenteren                                                  |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2f. Gegevens verwerken en interpreteren                                             | X                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | C2g. Conclusies trekken over de onderzoeksvraag op grond van de gegevens             | X                 |  |  |  |  |  |
| D. Affectieve en sociale doelen                                                                                                             | C2h. De getrokken conclusies evalueren                                               |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | D1. Motiveren                                                                        | X                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             | D2. Actief leren                                                                     | X                 |  |  |  |  |  |
| Andere leerdoelen (aangeven welke)                                                                                                          | D3. Samenwerken leren/stimuleren                                                     |                   |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                             |                                                                                      |                   |  |  |  |  |  |

## APPENDIX H UITWERKINGEN PRACTICUM DRUPPELS

### TESTGROEP 3

Resultaat ingevulde practica testgroep 3

#### Testgroep 3

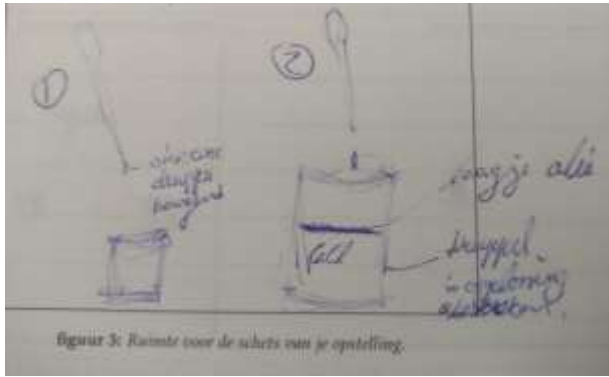
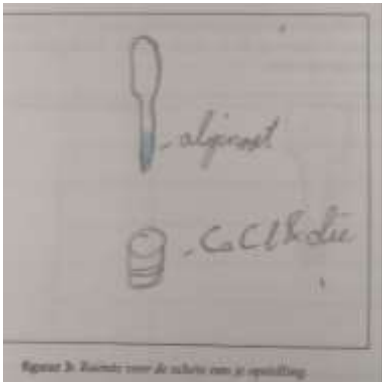
| Opgave                                                                                      | Proefpersoon 1                                                                                                   | Proefpersoon 2                                                                                                                                              | Proefpersoon 3                                                                                                | Proefpersoon 4                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leg kort uit wat het verschil is tussen hydrofoob en hydrofiel                              | <i>Hydrofoob is een kenmerk van een stof die niet in water wil oplossen. Hydrofiel het tegenovergestelde</i>     | <i>Hydrofoob is waterafstotend. Hydrofiel betekent dat het water aantrekt.</i>                                                                              | <i>Hydrofiel bind met water hydrofoob absoluut niet. Hydrofiel stoffen lossen op. Hydrofobe stoffen niet.</i> | <i>Hydrofoob is waterafstotend hydrofiel trekt water aan.</i>                                       |
| Leg kort uit waarom de alginaat oplossing en olie van elkaar te scheiden zijn.              | <i>Olie is hydrofoob</i>                                                                                         | <i>Door water toe te voegen lost alginaat erin op. Water en olie hebben een andere dichtheid. De ene vloeistof zal dus boven de andere komen te liggen.</i> | <i>Andere dichtheid.</i>                                                                                      | <i>De alginaatoplossing is hydrofiel en de olie hydrofoob, hier is dus een emulsie.</i>             |
| Het restproduct van de reactie in figuur 1 heeft een zoute smaak. Leg uit waarom dit zo is. | <i>Het restproduct is gevormd uit natrium en chloride -&gt; keukenzout. Alginaat komt uit de zee -&gt; zout?</i> | <i>Het alginaat bindt met het calcium. NaCl (natriumchloride) blijft over. Dit is ook wel bekend als keukenzout.</i>                                        | <i>Er komt <math>\text{Na}^+</math> bij vrij wat zout smaakt.</i>                                             | <i>Het alginaat reageert met de calcu. Dus blijven Na en Cl over, dit maakt samen het zout NaCl</i> |
| Leg kort uit waarom het calcium-alginaat netwerk niet meer oplosbaar in water is. Maak      | <i>?</i>                                                                                                         | <i>Door de binding kan het niet meer oplossen. Het water kan de</i>                                                                                         | <i>De polariteit van water kan het natrium opnemen en het</i>                                                 | <i>Het water is niet sterk genoeg om de covalente binding van</i>                                   |

| hierbij gebruik van figuur 1.                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                               | <i>binding niet breken.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>alginaat drijft dan rond.</i>                                                     | <i>Calcium Alginaat te breken.</i>                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bedenk zelf een werkwijze waarmee je waarnemingen kan doen aan de vorm van de alginaat druppel op de volgende situaties:                                                                                                                       | <p>1. Zuig met de pipet een klein beetje alginaat oplossing en knijp vervolgens zachtjes om zo een druppel te vormen. Observeer de druppel.</p> <p>2. Doe hetzelfde als bij 1 maar laat de druppel dit keer in een CaCl-oplossing vallen.</p> | <p>1. Je doet een heel klein beetje alginaat in de pasteur pipet. Door vervolgens heel erg voorzichtig er in te knijpen kan je druppel per druppel in het bekglas doen.</p> <p>2. Je doet een laagje olie boven op de CaCl oplossing. En dan met stap 1 er alginaat in te doen kan je zien wanneer de druppel erin komt.</p> | <p>1. Bekerglaasje met olie en CaCl</p> <p>2. Druppel alginaat erin.</p>             | <p>1. Doe 20 ml CaCl<sub>2</sub> in een bekglas. Doe hier vervolgens een klein laagje olie op.</p> <p>2. Pak met je pipet een paar druppels alginaat.</p> <p>3.</p> |
| Voer je eerste proef uit met de alginaat oplossing van 3 g L <sup>-1</sup> . Maak een schets van de druppel in situatie 1 en 2 zoals beschreven in de vorige opgave. Beschrijf daarna in woorden de vorm van de druppel in de beide situaties. | <p>Zie tekening.</p> <p>Het duurde even voor de druppel door de olie laag heen gaat.</p>                                                                                                                                                      | <p>Situatie 1: De druppel is bolvormig. De onderkant is blauw en aan de bovenkant is een stukje doorzichtig (de zeep).</p> <p>Situatie 2: De druppel is rond en plat, het is geen bolletje meer.</p>                                                                                                                         | <p>1. Druppel er onder.</p> <p>2. Eerst in de olie en later doorzakken naar CaCl</p> | <p>Situatie 1: Lange donkerblauwe druppel</p>                                                                                                                       |

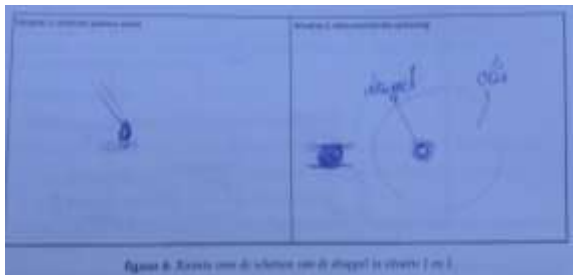
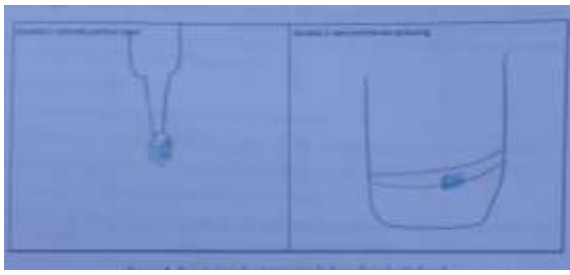
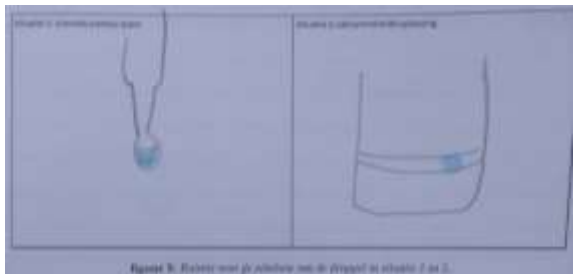
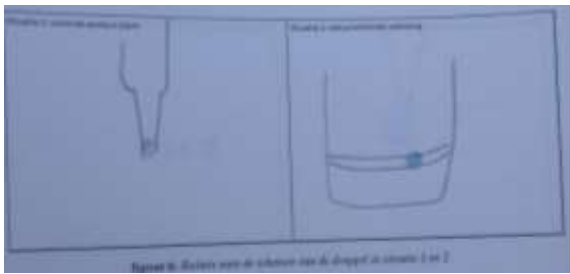
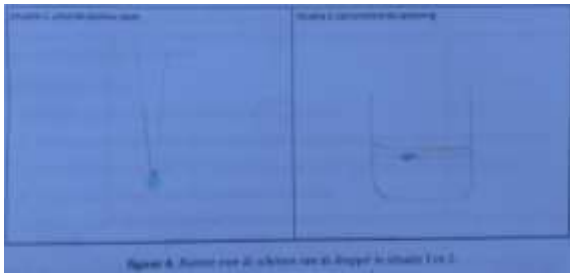
|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maak nu zelf nog 4 alginaat oplossingen. Beschrijf hieronder welke concentraties en waarom. | $3 \text{ g L}^{-1}$<br>$1,5 \text{ g L}^{-1}$<br>$1 \text{ g L}^{-1}$<br>$0,5 \text{ g L}^{-1}$                                                                                                                                   | X                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                        | X                                                                                                                                                                                     |
| Samenvatting resultaten overige alginaat concentraties                                      | $1,5 \text{ g L}^{-1}$ – druppels zijn kleiner en ronder<br><br>$1 \text{ g L}^{-1}$ – druppels zijn “wateriger” qua vorm, kleur en viscositeit<br><br>$0,5 \text{ g L}^{-1}$ – nog wateriger qua kleur, druppels zijn wat dikker. | $1 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1: De druppel is nog steeds bolvormig en de kleur is iets lichter. De druppel is iets groter.</i><br><br><i>Situatie 2: De druppel is iets bolvormiger.</i>                | $1 \text{ g L}^{-1}$<br><br>1. Geen verschil<br>2. In een ..... iets bredere.                                                          | $1 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1: De druppel heeft ongeveer dezelfde vorm, alleen is een stuk lichter blauw dan bij <math>3 \text{ g L}^{-1}</math> en druppelt sneller.</i> |
|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                    | $0,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1: De druppel is kleiner en er zit minder zeep bij. De kleur is ook weer lichter.</i><br><br><i>Situatie 2: De druppel is nog bolvormiger en iets lichter van kleur.</i> | $1,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Heel weinig langwerpiger druppels dan <math>0,5</math></i><br><br>2. grotere druppel zakt er doorheen | $1,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Sit 1: iets grotere, donkerder en langere druppel dan bij <math>1 \text{ g L}^{-1}</math></i><br><br>2: Zakt verder door.                            |
|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                    | $0,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br>1. kortere druppels<br><br>2. minder groter druppel (dan $1,5$ )                                         |                                                                                                                                                                                       |

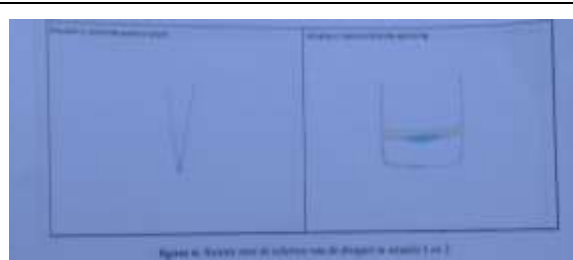
|  |  |  |                                       |  |
|--|--|--|---------------------------------------|--|
|  |  |  | zakt al eer door<br>kleinere druppels |  |
|--|--|--|---------------------------------------|--|

### Opstellingen van de proefpersonen

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Proefpersoon 1                                                                      | Proefpersoon 2                                                                       |
|    |    |
| Proefpersoon 3                                                                      | Proefpersoon 4                                                                       |
|  |  |

Schetsen van de proefpersonen bij de twee te observeren situaties

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proefpersoon 1: <math>3 \text{ g L}^{-1}</math></b>                              | <b>Proefpersoon 2: <math>3 \text{ g L}^{-1}</math></b>                               |
|    |    |
| <b>Proefpersoon 2: <math>1 \text{ g L}^{-1}</math></b>                              | <b>Proefpersoon 2: <math>0,5 \text{ g L}^{-1}</math></b>                             |
|   |   |
| <b>Proefpersoon 3: <math>3 \text{ g L}^{-1}</math></b>                              | <b>Proefpersoon 3: <math>1 \text{ g L}^{-1}</math></b>                               |
|  |  |
| <b>Proefpersoon 3: <math>1,5 \text{ g L}^{-1}</math></b>                            | <b>Proefpersoon 4: <math>3 \text{ g L}^{-1}</math></b>                               |
|  |  |
| <b>Proefpersoon 4: <math>1,5 \text{ g L}^{-1}</math></b>                            | <b>Proefpersoon 4: <math>1 \text{ g L}^{-1}</math></b>                               |



## APPENDIX I UITWERKINGEN PRACTICUM DRUPPELS

### TESTGROEP 4

Resultaat ingevulde practica testgroep 4. Proefpersoon 1, 2, 3 en 4 zijn individuen, de overige proefpersonen zijn duo's.

| Opgave                                                                                      | Proefpersoon 1                                                                                                                                                                                              | Proefpersoon 2                                                                                                                                            | Proefpersoon 3                                                                                                                                                              | Proefpersoon 4                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leg kort uit wat het verschil is tussen hydrofoob en hydrofiel                              | <i>Hydrofoob lost niet op in water, zo heb je dus hydrofobe stoffen. Hydrofiel lost juist wel op in water. De oorzaak hiervan ligt in de structuur van het molecuul (waterstofbruggen)</i>                  | <i>Hydrofoob is een fobie voor water, dus water afstotend. Het lost niet op in water. Hydrofiel is waterminnend. Het is oplosbaar in water.</i>           | <i>Hydrofiel lost op in water/kan met water mengen hydrofoob mengt niet met water stoot het zelfs af. (dat heeft te maken met bijvoorbeeld zijgroepen van een molecuul)</i> | <i>Hydrofiel is waterminnend, als een stof hydrofiel is kan het oplossen in water<br/><br/>Hydrofoob is watervrezend, als een stof hydrofoob is lost hij niet op in water.</i> |
| Leg kort uit waarom de alginaat oplossing en olie van elkaar te scheiden zijn.              | <i>Doordat de stoffen niet oplossen in elkaar, kun je ze ook apart scheiden. Dit kan door bijvoorbeeld gebruik te maken van de dichtheden van olie en alginaat.</i>                                         | <i>Alginaat is hydrofiel en olie hydrofoob. Olie gaat dus als een hele vloeistof op water liggen. Ze mengen niet dus je kan ze 1 voor 1 afgieten.</i>     | <i>Alginaat is hydrofiel en olie is hydrofoob. Ze mengen niet en zijn dus makkelijk te scheiden.</i>                                                                        | <i>Dit kan doordat olie hydrofoob is en alginaat hydrofiel waardoor een emulsie ontstaat.</i>                                                                                  |
| Het restproduct van de reactie in figuur 1 heeft een zoute smaak. Leg uit waarom dit zo is. | <i>De calcium van <math>\text{CaCl}_2</math> maakt een dimeer met de alginaatketens. Wat overblijft is dan de chloride. Wat overblijft van het natrium alginaat is natrium. Dit natrium maakt samen met</i> | <i>Natrium ionen en chloride ionen die in de oplossing zitten hebben samen een zoute smaak want als je nacl (keukenzout) oplost heb je dezelfde ionen</i> | <i>Natrium alginaat bevat natrium. De calciumchloride oplossing bevat chloride. Keukenzout is NaCl, dus niet gek als het zout smaakt.</i>                                   | <i>Alginaat wordt gemengd met een oplossing van calciumchloride. Het alginaat reageert met calcium dus is het restproduct chloride. Chloride is negatief dus</i>               |

|                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                          | <i>chloride het zout natriumchloride als restproduct.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>die rondzweven in de vloeistof.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>heeft het een zoute smaak.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leg kort uit waarom het calcium-alginaat netwerk niet meer oplosbaar in water is. Maak hierbij gebruik van figuur 1.     | <i>Doordat de natrium-ionen door hun lading maar 1 alginaat kunnen koppelen, maar de <math>Ca^{2+}</math>-ionen twee alginaat ketens. <math>Ca^{2+}</math>-ionen kunnen dus een heel netwerk maken waardoor het niet meer oplosbaar is in water.</i>                                                                                       | <i>Het calcium-alginaat netwerk is niet meer geladen. De ca alginaat bestaat niet meer uit ionen waardoor het niet oplosbaar is in water. Ionen zijn namelijk oplosbaar in water doordat water een beetje polair is. Het is een soort van onoplosbaar zout.</i>                                                                                                                                                               | <i>Doordat het calciumalginaat anders gebonden is: calcium is <math>2+</math>, dus die kan 2 alginaten binden. Als alle ca-ionen dat doen, vormt het een sterk netwerk dat niet meer oplost.</i>                                                                                                                                                                                    | <i>Het calcium bindt aan het alginaat waardoor er allemaal kluitjes ontstaan, dit netwerk is vervolgens onoplosbaar in water.</i>                                                                                                                                                                                                                   |
| Bedenk zelf een werkwijze waarmee je waarnemingen kan doen aan de vorm van de alginaat druppel op de volgende situaties: | <p><i>Je maakt ten eerste de oplossingen zoals ze hierboven staan.</i></p> <p><i>Nu pak je met de pipet een hoeveelheid van de alginaat-oplossing.</i></p> <p><i>Laat deze druppel vallen in een oplossing, dit kan calciumchloride zijn.</i></p> <p><i>Vergelijk de druppel die uit de pipet komt met de druppel in de oplossing.</i></p> | <p><i>Neem het 50ml bekersglas en stop de 20ml <math>CaCl_2</math> oplossing er in.</i></p> <p><i>Pak nu een plastic pipet en druppel voorzichtig een paar druppels alginaat in de <math>CaCl_2</math> oplossing.</i></p> <p><i>Varieer van hoogte tot het <math>CaCl_2</math> oplossing oppervlak. Blijft de vorm van de druppel in <math>CaCl_2</math> oplossing hetzelfde?</i></p> <p><i>Verander van oplossingen,</i></p> | <i>Je neemt de benodigdheden zoals ze hiernaast staan. Vervolgens neem je met een pipet een hoeveelheid van de alginaat oplossing. Dit kun je daarna per druppel laten vallen in de calciumoplossing. Wat zijn de vormen van de druppels? Varieer vervolgens de hoogte van het laten vallen. Probeer ook bijvoorbeeld een laagje olie op de calciumchlorideo oplossing. Nu valt</i> | <p><i>Ik ga in mijn proeven een bekersglas van 100ml gebruiken en een pipet. Ik ga de druppel vanaf drie verschillende hoogtes in het bekersglas doen, onder water, er vlak boven en een stuk er boven. Ik ga het alginaat toevoegen aan water, calciumchloride, olie</i></p> <p><i>Ik gebruik ongeveer 30 ml waar ik het alginaat in werp.</i></p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><i>Varieer in hoogte van waar je de druppel laat vallen.</i></p> <p><i>Varieer in oplossingen, doe bijvoorbeeld olie bij de calciumchloride oplossing.</i></p>                                                                                                                                                                                            | <i>bijvoorbeeld olie en CaCl<sub>2</sub></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>de druppel anders. Wat is nu de vorm?</i>                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Voer je eerste proef uit met de alginaat oplossing van 3 g L<sup>-1</sup>. Maak een schets van de druppel in situatie 1 en 2 zoals beschreven in de vorige opgave. Beschrijf daarna in woorden de vorm van de druppel in de beide situaties.</p> | <p><i>De druppel zoals die bij het uiteinde is een druppel met een bolle kop en een staart. Het heeft een vaste structuur (verandert nauwelijks als je het nog een keer doet</i></p> <p><i>De druppel in de calciumchloride heeft juist geen vaste structuur, is niet bolvormig en heeft ook geen staart. Het heeft een hele willekeurige structuur)</i></p> | <p><i>Situatie 1: De druppel is mooi rond aan de onderkant en loopt naar een kleine ronde bovenkant. Kleur is hetzelfde als in oplossing.</i></p> <p><i>Situatie 2: de druppel is uit elkaar gevallen en verdeeld over de vloeistof. Het is een lichtere kleur blauw en hij is niet meer mooi rond. Hij is langwerpig geworden.</i></p> | <p><i>In de eerste situatie zie je een standaard druppelvorm iets bredere onderkant maar wel rondig van vorm.</i></p> <p><i>In de tweede situatie zie je meer een soort flubberding geen mooie ronde vorm maar meer een soort verwaaid ding.</i></p> | <p><i>Water: Het alginaat lost vanaf alle drie de afstanden op in water, wat ook wel te verwachten was.</i></p> <p><i>CaCl: onder water vormt het alginaat de beste bolletjes, vanaf verderaf worden er slierten gevormd.</i></p> |
| <p>Maak nu zelf nog 4 alginaat oplossingen. Beschrijf hieronder welke concentraties en waarom.</p>                                                                                                                                                  | <p><i>Een oplossing met een hogere concentratie alginaat.</i></p> <p><i>6 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>12 g L<sup>-1</sup></i></p>                                                                                                                                                                                                                         | <p><i>Ik neem 2 hogere concentraties en 2 lagere concentraties. Zo heb je een goede balans. Dus ik neem: 12 g L<sup>-1</sup></i></p>                                                                                                                                                                                                    | <p><i>Zoals net getekend is de druppel niet sterk genoeg. De viscositeit moet dus omhoog (of de calcium</i></p>                                                                                                                                      | <p><i>Ik gebruik nu olie: er ontstaan niet echt druppels</i></p> <p><i>Ik gebruik nu CaCl met olie: er ontstaan druppels</i></p>                                                                                                  |

|                                                        |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                      |                                                           |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                        | $0,75 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$1,5 \text{ g L}^{-1}$                                                                                                             | $6 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$1,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$0,75 \text{ g L}^{-1}$                                                                                                                                                                                                   | oplossing<br>aanpassen)<br><br>Hogere<br>concentratie<br>alginaat<br><br>$6 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$12 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$1,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br>$0,75 \text{ g L}^{-1}$                              | Ik gebruik nu olie en dan CaCl: er ontstaan ook druppels. |
| Samenvatting resultaten overige alginaat concentraties | $0,75 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1:</i><br><i>Druppel met bolvormige kop en een staart.</i><br><br><i>Situatie 2:</i><br><i>druppel verdwijnt</i>       | $12 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1: De druppel is mooi rond aan de onderkant. Hij heeft dezelfde kleur ook is hij aan de bovenkant een klein beetje rond.</i><br><br><i>Situatie 2: Hij is mooi rond. De kleur is lichter. Het is wel een mooie ronde perfecte druppel.</i> | $12 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>De eerste is gewoon weer zo'n zelfde druppel</i><br><br><i>De tweede vormde eerst een dronkere kern met een lichter vlies er omheen of een dronkere maar iets langwerpiger kern.</i> | X                                                         |
|                                                        | $1,5 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1:</i><br><i>Druppel met bolvormige kop en staart.</i><br><br><i>Situatie 2: De druppel valt helemaal uit elkaar en</i> | $6 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Situatie 1: De druppel is hetzelfde als de voorgaande druppels die aan het uiteinde van het pasteur pipet hangen. Mooi rond aan de onderkant.</i>                                                                                                    | $6 \text{ g L}^{-1}$<br><br><i>Zelfde druppel</i><br><br><i>De 2<sup>e</sup> situatie is weer zo'n verwaaid achtig mislukte druppel</i>                                                                              | X                                                         |

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                                                                                                                                              | <i>verdwijnt nog net niet.</i>                                                                                                                                                                                                   | <i>Donker blauw is de kleur.</i><br><br><i>Situatie 2: Hij is langwerpig geworden. Maar nog wel ronde vormen geen uitsteeksel. Nog 1 geheel, lichtblauw.</i>                                                                                         |                                                                                                                                                                             |          |
|                                                                                                                                              | <i>12 g L<sup>-1</sup></i><br><br><i>De druppel aan de pipet blijft gewoon een druppel met een bolle voorkant en een staart.</i><br><br><i>De druppel in de CaCl-oplossing is erg rond en is over de hele druppel bolvormig.</i> | <i>1,5 g L<sup>-1</sup></i><br><br><i>Situatie 1: Hetzelfde als bij de vorige alleen de kleur is lichter.</i><br><br><i>Situatie 2: De druppel valt helemaal uit elkaar. De kleur is haast heel licht blauw er is geen ronding meer te bekennen.</i> | <i>1,5 g L<sup>-1</sup></i><br><br><i>De druppel is gewoon standaard.</i><br><br><i>Er ontstaat niet echt een druppel, weer zo'n vaag ding maar nog vager dan de vorige</i> | <i>X</i> |
|                                                                                                                                              | <i>6 g L<sup>-1</sup></i><br><br><i>Druppel aan pipet weer zoals een regendruppel (bolle kop met staart)</i><br><br><i>Situatie 2: Het heeft iets weg van een bol, maar langer na niet perfect rond.</i>                         |                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>0,75 g L<sup>-1</sup></i><br><br><i>Standaard druppel</i><br><br><i>Er ontstaat geen druppel meer.</i>                                                                   | <i>x</i> |
| <i>In elke proef is nu een overmaat calciumchloride aanwezig. Beredeneer wat er gebeurt als er te weinig calciumchloride in de oplossing</i> | <i>Dan zullen er geen bolletjes worden gevormd naar mijn idee.</i>                                                                                                                                                               | <i>Als er geen Ca<sup>2+</sup> meer is kan er geen alginaat ketens meer gevormd worden en dan vallen de druppels uit elkaar. Ze zijn geen harde druppels meer</i>                                                                                    | <i>De reactie die die de gel bolletjes laat ontstaan, zal niet volledig verlopen.</i>                                                                                       | <i>X</i> |

|                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                            |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| aanwezig is.<br>Schrijf je vermoeden uit.                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                     | maar gewoon vloeistof.                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                            |   |
| Toets je vermoeden uit de vorige opgave door een druppel alginaatoplossing in demiwater te druppelen. Beschrijf wat je ziet.                                                   | <i>De alginaat lost op en maakt geen druppels</i>                                                                                                                                                                                                   | <i>Het alginaat lost helemaal op geen druppels aanwezig</i>                                                                                                                    | <i>Het lost gewoon op. Er ontstaat niks bijzonders</i>                                                                                                                                     | X |
| Wat is de oorzaak van je waarneming in de vorige opdracht?                                                                                                                     | <i>Doordat er geen calcium aanwezig is, worden van de alginaatketens geen druppels gemaakt, ze worden dan niet in elkaar gevlochten.</i>                                                                                                            | <i>Er is geen <math>\text{Ca}^{2+}</math> aanwezig die de alginaat ketens aan elkaar koppelen.</i>                                                                             | <i>Er is geen reactie die de gel laat ontstaan, dus kan het gewoon oplossen</i>                                                                                                            | X |
| Bespreek je meetresultaten. Wat is je opgevallen? Gingen alle proeven zoals je verwacht had of zijn er een paar resultaten onbruikbaar? Bespreek ten minste twee waarnemingen. | <i>De proeven gingen wel zoals ik had verwacht. Ik dacht meteen al wel na de eerste proef dat je de viscositeit moet verhogen om betere druppels te krijgen. Ik weet nu niet of er ook een maximale waarde van alginaat is, maar denk het niet.</i> | <i>Olie helpt om druppels beter/ronder te maken. Hoe hoger de concentratie, hoe ronder de druppels, alginaat vormt zonder <math>\text{Ca}^{2+}</math> geen harde druppels.</i> | <i>Bij de eerste (3 g L<sup>-1</sup>) ontstond net geen mooie druppel. Hoe hoger de concentratie (6 of 12 g L<sup>-1</sup>) hoe beter de druppel ontstond, maar perfect werd het niet.</i> | X |

Wat heb je geleerd van je onderzoek? Is er een verband tussen alginaat concentratie en de vorm van de druppel? Welke verbanden heb je nog meer gevonden? Beschrijf ten minste twee

*Hoe meer alginaat, hoe groter de viscositeit, hoe ronder de druppel.*

*Olie op de  $\text{CaCl}_2$  – oplossing zorgt voor betere druppels. Doordat de olie druppels maakt*

*1. Hoe hoger de concentratie, hoe ronder de druppels en hoe beter de druppels in de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.*

*2. Olie zorgt voor betere en rondere druppels.*

*Hoe hoger de concentratie alginaat, hoe sterker de druppel wordt. Ook wordt ie dan mooier rond.*

x

dingen die je geleerd hebt.

*die minder snel uit elkaar vallen dan de reactie van alginaat en  $Ca^{2+}$*

| Opgave                                                                                      | Proefpersoon 5                                                                                                                            | Proefpersoon 6                                                                                                                                            | Proefpersoon 7                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leg kort uit wat het verschil is tussen hydrofoob en hydrofiel                              | <p><i>Hydrofiel = polair, grote aantrekkingskracht tot water</i></p> <p><i>Hydrofoob = apolair, geen aantrekkingskracht tot water</i></p> | <p><i>Hydrofoob = stoot water af/mengt niet met water</i></p> <p><i>Hydrofiel = trekt water aan/mengt wel met water.</i></p>                              | <p><i>Een stof kan hydrofoob of hydrofiel zijn. Hydrofoob betekent niet van water houden. Deze stoffen hebben dus affiniteit met olie (vet). Hydrofiel betekent wel van water houden. Deze stoffen hebben dus affiniteit met water en houden dus niet van olie.</i></p> |
| Leg kort uit waarom de alginaat oplossing en olie van elkaar te scheiden zijn.              | <i>Alginaat is hydrofiel, olie is hydrofoob.</i>                                                                                          | <i>Alginaat is hydrofiel en lost op in water. Olie is echter hydrofoob en mengt niet met het hydrofiele alginaat.</i>                                     | <i>Omdat de alginaat hydrofiel is en de olie hydrofoob zullen deze twee stoffen niet snel mengen maar eerder een emulsie vormen.</i>                                                                                                                                    |
| Het restproduct van de reactie in figuur 1 heeft een zoute smaak. Leg uit waarom dit zo is. | <i>De natrium en de chloride vormen samen NaCl (keukenzout)</i>                                                                           | <i>Natrium alginaat mengt met de calciumchloride. De calcium ionen reageren met de alginaatketens. Natrium blijft over en veroorzaakt de zoute smaak.</i> | <i>Je hebt natrium en chloride en dat samen is zout. Dus het restproduct heeft dus een zoute smaak. NaCl = keukenzout.</i>                                                                                                                                              |

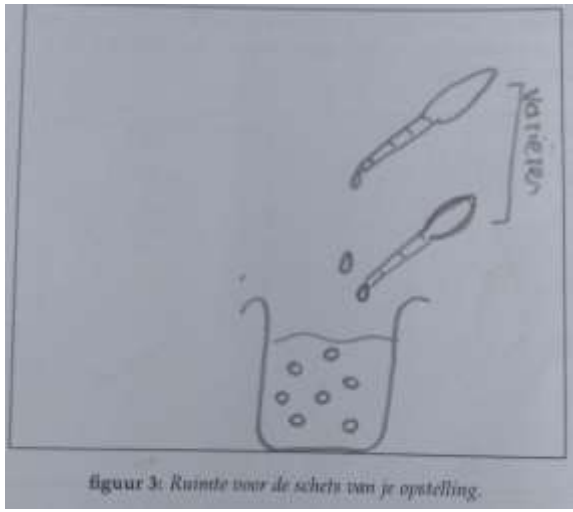
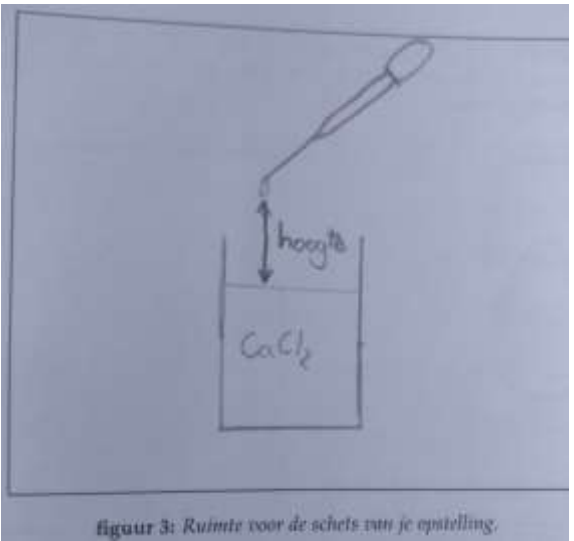
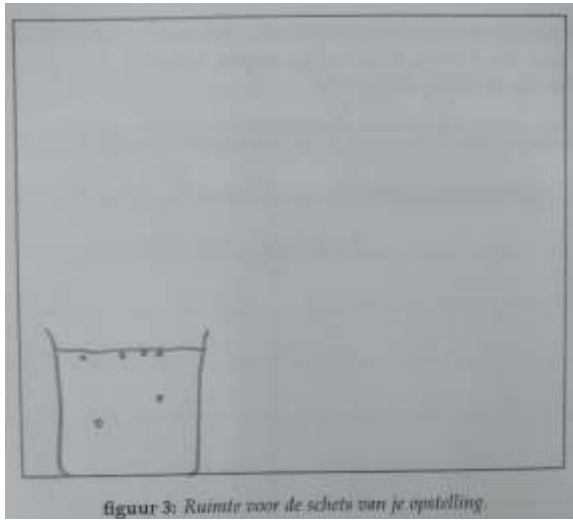
|                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leg kort uit waarom het calcium-alginaat netwerk niet meer oplosbaar in water is. Maak hierbij gebruik van figuur 1.                                                                                                                           | <i>Het calcium-alginaat netwerk heeft al bindingen en kan daardoor niet meer gehydrateerd worden.</i>                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Calcium cationen vormen met alginatketens dimeren. Deze dimeren vormen netwerken, bij elkaar gehouden door de calcium cationen. Deze binding is zo sterk dat het netwerk niet meer oplosbaar is in water.</i>                                                                       | <i>De calciumcationen vormen met 2 alginatketens bruggen. Zodra deze bruggen gevormd zijn kunnen ze niet meer terug naar de oude staat omdat dan het hele molecuul stuk gaat.</i>                                              |
| Bedenk zelf een werkwijze waarmee je waarnemingen kan doen aan de vorm van de alginaat druppel op de volgende situaties:                                                                                                                       | <i>X</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>Je neemt 20 ml calciumchloride en laat met een pipet druppels olijfolie op de calciumchloride vallen tot er een laagje ontstaat.</i><br><br><i>Dan neem je een pipet alginaat oplossing en druppel je deze van grote hoogte in je oplossing, zo vormen zich kleine druppeltjes.</i> | <i>Alginaat oplossing druppelen in calciumchloride. Daarna olie er bovenop, zorgt voor laagje olie op calcium. Daarna weer alginaat druppels dan heb je druppels die door de olie heen gaan en die alginaat druppels zijn.</i> |
| Voer je eerste proef uit met de alginaat oplossing van 3 g L <sup>-1</sup> . Maak een schets van de druppel in situatie 1 en 2 zoals beschreven in de vorige opgave. Beschrijf daarna in woorden de vorm van de druppel in de beide situaties. | <i>De alginaat oplossing is heel erg vloeibaar. Aan de pipet hangt de druppel ver naar beneden. De druppel hangt deels in de olie en een beetje eronder. Hij komt niet door de olielaag heen. Geen hydrogel</i><br><br><i>Met minder olie</i><br><br><i>De druppels vormen bolletjes en drijven op de CaCl<sub>2</sub> onder de olie.</i> | <i>1 vloeibare ronde druppel</i><br><br><i>2 overwegend rond/ovalen</i>                                                                                                                                                                                                                | <i>1. Mooie vorm en echte druppel</i><br><br><i>2. donut vorm en geen zuivere vorm.</i><br><br><i>Met olie krijg je mooie druppel vormen.</i>                                                                                  |
| Maak nu zelf nog 4 alginaat                                                                                                                                                                                                                    | <i>Dubbele concentratie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>1,5 gram per liter</i>                                                                                                                                                                                                                                                              | <i>1,5 g L<sup>-1</sup></i>                                                                                                                                                                                                    |

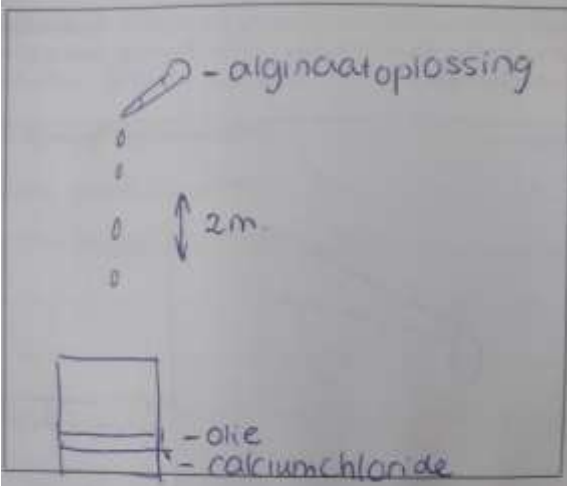
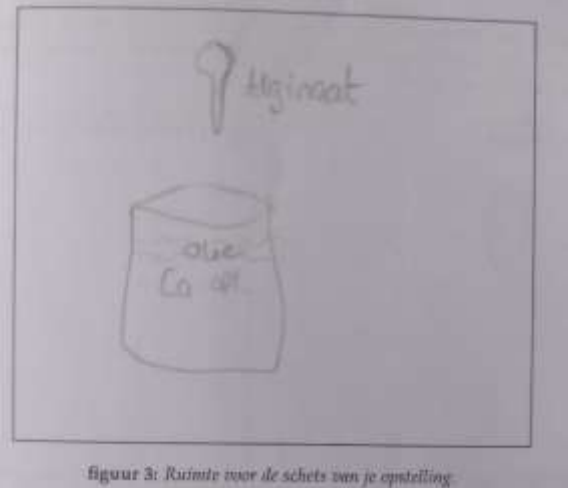
|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| oplossingen.<br>Beschrijf hieronder welke concentraties en waarom. | <p><i>alginaat, dus 6 g/L. We verwachten dat de oplossing een hogere viscositeit krijgt -&gt; druppels langzamer uit de pipet en makkelijker een bolletje vormen.</i></p> <p><i>Halve concentratie dus 1,5 g/L we verwachten dat de oplossing een lagere viscositeit heeft.</i></p> | <p><i>12 gram per liter</i></p> <p><i>6 gram per liter</i></p> <p><i>0,75 gram per liter</i></p>                                                                                                        | <p><i>12 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>6 g L<sup>-1</sup></i></p>                                                                                                                                                                                                    |
| Samenvatting resultaten overige alginaat concentraties             | <p><i>6 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>De druppels vallen niet allemaal door de olie heen en breken in kleinere druppels op het moment dat ze de olie raken.</i></p>                                                                                                                | <p><i>1,5 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>1. druppel is rond/ovaal</i></p> <p><i>2. kleine druppels in de olie en eronder</i></p>                                                                        | <p><i>1,5 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>Situatie 1: klein ovaalvormig drupje</i></p> <p><i>Situatie 2: klein drupjes die door de olielaag heen vallen</i></p>                                                                                                        |
|                                                                    | <p><i>1,5 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>De druppels blijven minder goed aan de pipet hangen, vallen er sneller van af. Ze komen niet makkelijk door de olie heen en vormen samen een soort klont.</i></p>                                                                          | <p><i>12 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>1. De druppel is rond/ovaal.</i></p> <p><i>2. Kleine druppels (iets groter dan de 1,5 gram) in de olie met druppels. Wolkjes en druppels onder de olie.</i></p> | <p><i>12 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>Situatie 1: Hetzelfde als de andere concentraties. Klein ovaal vormige druppeltjes.</i></p> <p><i>Situatie 2: Ze vallen snel door de olie heen af en toe vormt er geen druppel. Ze zijn klein en bouncen er doorheen.</i></p> |
|                                                                    | <p><i>12 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>De druppels zijn heel klein</i></p>                                                                                                                                                                                                         | <p><i>6,0 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>1. De druppel is rond/ovaal.</i></p> <p><i>2. Kleine druppels in de olie en druppels en</i></p>                                                                | <p><i>6 g L<sup>-1</sup></i></p> <p><i>1: Zelfde</i></p> <p><i>2: langwerpige en kleine ronde druppels ze springen weer uit de</i></p>                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         | <i>wolkjes onder de olie.</i>                                                                                                         |                                                                                                                                                   |
| In elke proef is nu een overmaat calciumchloride aanwezig. Beredeneer wat er gebeurt als er te weinig calciumchloride in de oplossing aanwezig is. Schrijf je vermoeden uit.   | <i>Dan zijn er niet genoeg <math>\text{Ca}^{2+}</math> ionen om een hydrogel te vormen. De alginaat lost op.</i>                                                                                                        | <i>Als er te weinig <math>\text{CaCl}_2</math> aanwezig is, worden er geen druppels gevormd want er is te weinig calcium aanwezig</i> | <i>Dan vormen er geen druppels doordat er te weinig calciumchloride is. De alginaat oplossing krijgt geen calciumbrug</i>                         |
| Toets je vermoeden uit de vorige opgave door een druppel alginaatoplossing in demiwater te druppelen. Beschrijf wat je ziet.                                                   | <i>3 g/L in demiwater. De druppel valt uit elkaar en is niet terug te vinden.</i>                                                                                                                                       | <i>Het lost op</i>                                                                                                                    | <i>Het lost gewoon op. De druppel kan niet hard worden, doordat er geen calcium in zit</i>                                                        |
| Wat is de oorzaak van je waarneming in de vorige opdracht?                                                                                                                     | <i>In demiwater zijn geen <math>\text{Ca}^{2+}</math> ionen aanwezig.</i>                                                                                                                                               | <i>Er is namelijk geen calcium aanwezig om druppels te vormen</i>                                                                     | <i>Geen calcium in demiwater</i>                                                                                                                  |
| Bespreek je meetresultaten. Wat is je opgevallen? Gingen alle proeven zoals je verwacht had of zijn er een paar resultaten onbruikbaar? Bespreek ten minste twee waarnemingen. | <i>Bij een concentratie van 3g/L worden de beste druppels gevormd. Hoe hoger de concentratie, hoe moeilijker de druppels gevormd worden. Bij lagere concentraties alginaat vallen de druppels sneller uit de pipet.</i> | <i>Jet moet niet te veel olie gebruiken verder lijken alle getekende resultaten van druppels op elkaar.</i>                           | <i>Bij hoge concentratie hoeft je minder hard te knijpen. Het druppeltje springt er uit. De druppels worden ook kleiner</i>                       |
| Wat heb je geleerd van je onderzoek? Is er een verband tussen alginaat concentratie en de vorm van de druppel? Welke verbanden heb je nog meer                                 | <i>Zonder calciumchloride kun je geen hydrogel met alginaat maken. Hoe hoger de alginaat concentratie, hoe kleiner de druppels.</i>                                                                                     | <i>Hoe hoger de afstand, hoe dieper de druppel valt &amp; hoe beter de resultaten</i><br><br><i>Maatcilinder is nauwkeuriger</i>      | <i>Hoe hoger de afstand hoe dieper de druppel door de laag heen valt. Hogere concentratie -&gt; kleinere druppel. Maatcilinder ipv bekersglas</i> |

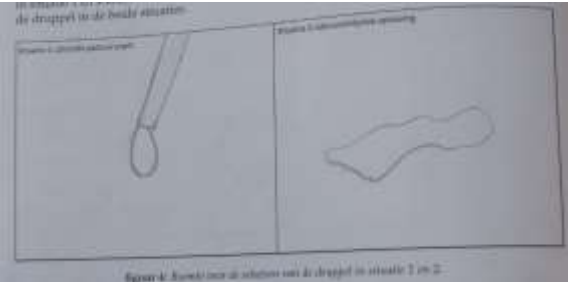
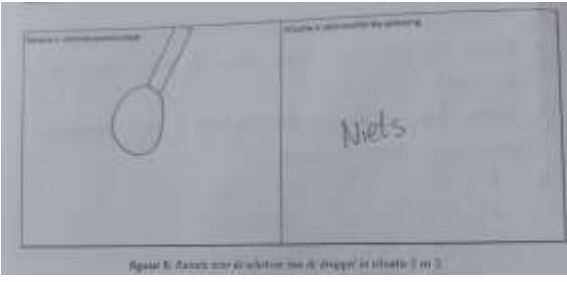
|                                                                    |  |  |                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| gevonden?<br>Beschrijf ten minste twee dingen die je geleerd hebt. |  |  | gebruiken om te meten.<br><br><i>Demiwater is <math>H_2O</math> en kraanwater niet.</i> |
|--------------------------------------------------------------------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|

### Opstellingen van de proefpersonen

|                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Proefpersoon 1                                                                      | Proefpersoon 2                                                                      |
|   |  |
| Proefpersoon 3                                                                      | Proefpersoon 4                                                                      |
|  | x                                                                                   |
| Proefpersoon 5                                                                      | Proefpersoon 6                                                                      |

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>x</p>                                                                                                                                     |  <p>figuur 3: Ruimte voor de schets van je opstelling.</p> |
| <p>Proefpersoon 7</p>                                                                                                                        |                                                                                                                                              |
|  <p>figuur 3: Ruimte voor de schets van je opstelling.</p> |                                                                                                                                              |

Enkele schetsen van de proefpersonen bij de twee te observeren situaties

| <p><b>Proefpersoon 1: 3 g L<sup>-1</sup></b></p>                                                                                                                | <p><b>Proefpersoon 1: 0,75 g L<sup>-1</sup></b></p>                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>figuur 4: Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.</p> |  <p>figuur 5: Ruimte voor de schetsen van de druppel in situatie 1 en 2.</p> |

|                                                          |                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Proefpersoon 1: <math>1,5 \text{ g L}^{-1}</math></b> | <b>Proefpersoon 1: <math>12 \text{ g L}^{-1}</math></b> |
|                                                          |                                                         |
| <b>Proefpersoon 1: <math>6 \text{ g L}^{-1}</math></b>   | <b>Proefpersoon 2: <math>3 \text{ g L}^{-1}</math></b>  |
|                                                          |                                                         |
| <b>Proefpersoon 2: <math>12 \text{ g L}^{-1}</math></b>  | <b>Proefpersoon 2: <math>6 \text{ g L}^{-1}</math></b>  |
|                                                          |                                                         |
| <b>Proefpersoon 2: <math>1,5 \text{ g L}^{-1}</math></b> |                                                         |
|                                                          |                                                         |

## APPENDIX J ALTERNATIEF

De afbeelding die het aansluitschema van de microchip toont is aangepast.

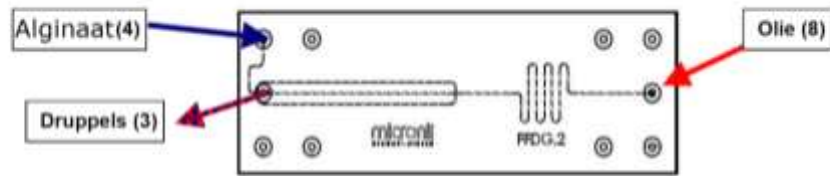


Figure 4: Aansluitschema druppelchip uit NLT module Lab on a Chip

• Bedenk drie mogelijke toepassingen van hydrogel druppels, noteer deze en motiveer kort hoe je dit voor je ziet.

1. Maak de opstelling volgens het voorschrift van de NLT module Lab on a Chip, vervang hierin de injectiespuit met water voor een injectiespuit met jouw alginaat oplossing. Zie ook het aansluitschema in figure 4.

FIGUUR 14 HET AANSLUITSCHEMA VAN DE HYDROFIELE FFDG ZOALS DIE IN HET PRACTICUM GEBRUIKT IS.

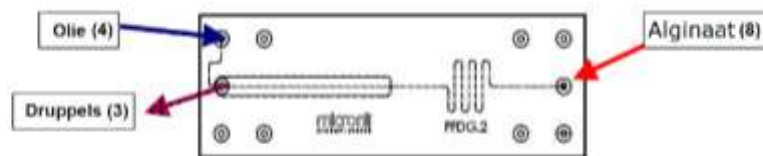


Figure 4: Aansluitschema druppelchip uit NLT module Lab on a Chip

• Bedenk drie mogelijke toepassingen van hydrogel druppels, noteer deze en motiveer kort hoe je dit voor je ziet.

1. Maak de opstelling volgens het voorschrift van de NLT module Lab on a Chip, vervang hierin de injectiespuit met water voor een injectiespuit met jouw alginaat oplossing. Zie ook het aansluitschema in figure 4.

7

FIGUUR 15 HET AANSLUITSCHEMA VAN DE FFDG DIE HYDROFOOB IS. DEZE CONFIGURATIE BIEDT IN THEORIE PERSPECTIEF OM ALGINAATDRUPPELS IN OLIE TE MAKEN. DIT DIEN ECHTER WEL ONDERZOCHT TE WORDEN