



3 april 2014 – TAAK B

# Alles over zeewater

- Taakblad -

# TAAK B

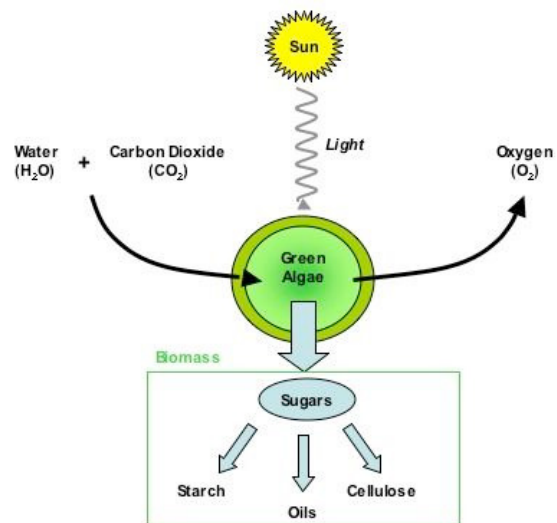
## Taak B1: ONDERZOEK NAAR DE GROEI VAN DE MICRO-ALG *Nannochloropsis sp.* GEBRUIKT VOOR BIODIESEL PRODUCTIE

### Achtergrondinformatie

Veel onderzoeken zijn gericht op biobrandstoffen ter vervanging van de fossiele brandstoffen. Dit met het oog op de reductie van de emissie van het broeikasgas koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ), men wil de opwarming van de aarde beperken. Biodieselproductie uit micro-algen lijkt een veelbelovende energiebron te zijn, temeer omdat micro-algen - vergeleken met de gangbare landbouwproducten - weinig concurrentie om landoppervlakte geven en ook hogere olie-opbrengsten leveren. Micro-algen kunnen gekweekt worden in zeewater, brak water, of afvalwater, of op land dat niet in cultuur gebracht kan worden.

Biodiesel uit algen vermindert de  $\text{CO}_2$  emissie met 78% t.o.v. de emissie van petroleumdiesel. De productie van biobrandstof is afhankelijk van de groeisnelheid en de vetinhoud van de biomassa. Vetaccumulatie en biomassaproductie worden gereguleerd door verscheidene factoren, zoals voedingsstoffen, temperatuur,  $\text{CO}_2$ , licht, zoutgehalte enz.

**Algen** zijn een zeer diverse groep van fotosynthetiserende waterorganismen. Ze zijn verantwoordelijk voor ongeveer 50% van de fotosynthese op aarde. Verondersteld wordt dat ze een heel belangrijke rol spelen in de koolstofkringloop op aarde omdat ze het teveel aan  $\text{CO}_2$  gedeeltelijk uit de omgeving wegnemen.



Bij de tekening: Sugars = suikers, starch = zetmeel, oils = oliën,

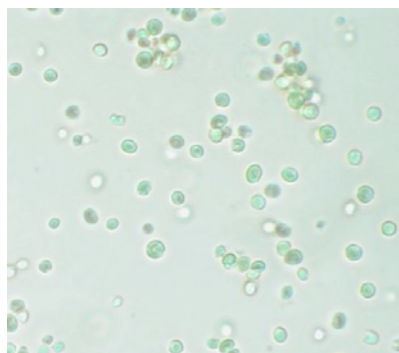
Algen zijn ook een veelbelovende biodieselbron vanwege hun efficiënte absorptie van zonlicht en omzetting van zonne-energie in chemische energie.

Biodiesel uit algen komt uit biomassa en is dus hernieuwbaar, afbreekbaar in de natuur en CO<sub>2</sub> neutraal onder duurzame productie-omstandigheden. Verder is biodiesel uit algen niet toxisch en bevat minder CO, roet, koolwaterstoffen en SO<sub>x</sub>.

De meeste planten, algen en cyanobacteriën doen aan **fotosynthese** waarbij lichtenergie, normaal afkomstig van de zon, omgezet wordt in chemische energie. Deze kan gebruikt worden als brandstof voor de activiteiten van het organisme zelf. Zij wordt opgeslagen in moleculen zoals suikers, gemaakt uit CO<sub>2</sub> en water. Bij dit proces komt zuurstofgas vrij. Algen zijn –in vergelijking met landplanten - zeer efficiënt in hun fotosynthetisch vermogen.

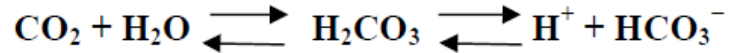
Groene planten hebben zes, nauw verwante, fotosynthetische pigmenten. *Nannochloropsis sp.* heeft alleen chlorofyl a, dat het meest algemene is van de zes en dat aanwezig is in elke plant die aan fotosynthese doet. Dat meer dan één pigment nodig is, komt voort uit het feit dat elk pigment in verschillende delen van het elektromagnetisch spectrum meer of minder efficiënt licht absorbeert. Bijvoorbeeld, chlorofyl a absorbeert het meest efficiënt bij een golflengte van ongeveer 400-450 nm en bij een golflengte van 650-700 nm; chlorofyl b bij 450-500 nm en bij 600-650 nm. Xanthofyl absorbeert het meest efficiënt bij 400-530 nm. Geen van de pigmenten absorbeert voldoende in het groen-gele gebied. Daardoor is de natuur groen gekleurd.

**Koolstofdioxide** lost in water op en vormt dan diwaterstofcarbonaat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bicarbonaationen (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en carbonaationen (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). De hoeveelheid CO<sub>2</sub>, opgelost is in oceaanwater, is ongeveer vijftig keer groter dan de hoeveelheid in de atmosfeer.



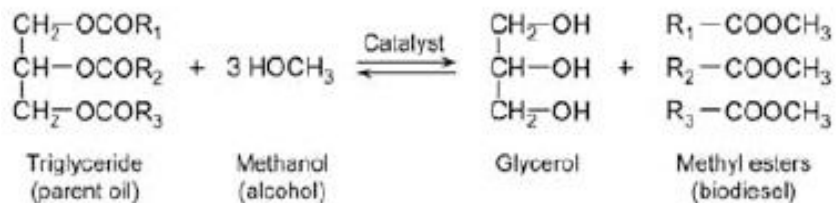
In zeewater is meer dan 90% van de anorganisch opgeloste koolstof in de vorm van bicarbonaationen (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) aanwezig. Veel micro-algen kunnen bicarbonaationen (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) uit hun omgeving opnemen en door hun membraan heen naar het

celplasma transporteren. Vervolgens maken ze CO<sub>2</sub> door de activiteit van koolstofanhydrase. Bovendien is er nog extracellulair koolstofanhydrase dat de omzetting van HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in CO<sub>2</sub> (en omgekeerd) katalyseert en dit volgens onderstaande reactie:



***Nannochloropsis sp.*** is een kleine (2-3 µm) eukaryotische eencellige zee-alg behorend tot de orde van de Eustigmatales. Zijn vermogen om in hoge concentraties meervoudig onverzadigde vetzuren te accumuleren heeft *Nannochloropsis sp.* tot een veelbelovend werktuig voor industriële toepassingen gemaakt.

*Nannochloropsis sp.* kan, naast verscheidene andere micro-algen met hoge vetinhoud per drooggewicht aan biomassa, 30% to 68% triglyceriden accumuleren in zijn droge biomassa. Algenolie, gebruikt bij het maken van biodiesel, bevat triglyceriden die met methanol reageren in een reactie die transesterificatie genoemd wordt. Bij transesterificatie zijn 3 moleculen alcohol nodig om elke triglyceridemolecule om te zetten in 1 molecule glycerol en 3 moleculen methylesters. Glycerol wordt gemaakt uit triglyceriden, waarbij de afbraak stapsgewijs verloopt (eerst diglyceriden, vervolgens monoglyceriden en uiteindelijk glycerol).



**Biodiesel** is één van de meest veelbelovende hernieuwbare energiebronnen van deze eeuw. Zijn superioriteit ten opzichte van petroleumdiesel is te danken aan een lagere uitstoot van uitlaatgassen, het is bio-afbreekbaar, niet toxisch, hernieuwbaar en bevat geen zwavel. Dit alles i.t.t. petroleum. Gebruik van biodiesel gaat in de richting het gebruik van meer duurzame energiebronnen.

Biodiesel wordt, zoals al eerder aangegeven, geproduceerd in transesterificatie proces, waarbij triglyceriden reageren met een alcohol (meestal methanol of ethanol). De reactie wordt gekatalyseerd door alkali, zuren, of enzymen.

De primaire bronnen voor biodiesel kunnen in vier groepen verdeeld worden: plantaardige oliën (al dan niet eetbaar), dierlijke vetten, gebruikte kookoliën en algen. Het gebruik van biodiesel is eenvoudig; hij kan gebruikt worden als brandstof, in pure vorm maar ook gemengd met petroleum diesel, en dat in verschillende verhoudingen. Elk land heeft eigen normen en eisen met betrekking tot het mengen.

Vanwege het grote belang van de biodieselproductie uit algen, onderzoeken we de ontwikkeling van deze micro-organismen onder verschillende milieu-omstandigheden (nl CO<sub>2</sub> concentratie), terwijl de beschikbaarheid van licht, voedingsstoffen, zoutgehalte, temperatuur en pH constant blijven.

### **Het probleem:**

In deze taak ga je na wat het effect van CO<sub>2</sub> is op de groeisnelheid van *Nannochloropsis sp.* in aanmerking genomen dat de CO<sub>2</sub> bron verandert als de CO<sub>2</sub> emissie varieert. Je neemt daarbij drie gebieden in ogenschouw (CO<sub>2</sub> niveau varieert van laag naar hoog).

Jouw lab is gevraagd om na te gaan uit welk van die drie gebieden een onbekend monster met algen afkomstig is, en om te bepalen in welk gebied het best algen voor biodieselproductie gekweekt kunnen worden.

## **Uitrusting en materialen**

- Merkpennetjes, grafiekpapier
- Glaspipetten (2 mL) en plastic Pasteurspipetten
- Plastic buisjes (15 mL) met geprepareerde oplossingen van micro-algen
- Rek voor reageerbuisjes
- Gedestilleerd water
- Oplossing met onbekende concentratie gelabeld "14"

Elders in het lab staan centraal:

- Spectrofotometer met een filterpositie op 750 nm
- Vortexer = 'schud- of mengmachientje'
- Spectrofotometer-cuvetten (4 per groep)
- Tissue
- Monster om de spectrofotometer op 'nul' te zetten

## **Beschrijving van de taak**

Om het Droge Cel gewicht (DCW) van de micro-algen per liter ( $\text{mg L}^{-1}$  DCW) te bepalen, begin je met het verzamelen van de absorptie-gegevens. De gegevens corresponderen met de concentraties van de eencellige micro-algen. De monsters zijn op dag 3, 6, 9, 12 uit de algencultuur genomen om daarvan de optische dichtheid OD te meten. Een UV (zichtbaar UV) spectrofotometer wordt gebruikt om OD bij 750 nm te bepalen. Voor elk gebied (verschillend van elkaar in  $\text{CO}_2$  concentratie) waarin *Nannochloropsis sp.* gekweekt is, wordt een groeicurve gemaakt.

De gebieden zijn:

- Gebied A met een lage  $\text{CO}_2$  concentratie op een eiland met een laag  $\text{CO}_2$  niveau;
- Gebied B met een gemiddelde  $\text{CO}_2$  concentratie, ligt naast een motorweg met een normaal  $\text{CO}_2$  niveau;
- Gebied C met hoge  $\text{CO}_2$  concentratie, ligt naast een industrieterrein met een hoog  $\text{CO}_2$  niveau.

Het gebied waar het onbekende monster gekweekt is, wordt uit de drie groeicurves afgeleid. De culturen zijn gegroeid onder stabiele omstandigheden (zoals licht hoeveelheden, temperatuur, enz.).

En zoals we al eerder meldden: natriumbicarbonaat is in alle experimenten de bron van het bicarbonaat.

## Informatie over spectrofotometrie

Elke chemische verbinding absorbeert licht, geeft licht door of weerkaatst het over een bepaald bereik van golflengten. Spectrofotometrie is een techniek waarbij kwantitatief gemeten wordt hoeveel licht een stof reflecteert of doorlaat bij een bepaalde golflengte. Een spectrofotometer is een instrument dat de hoeveelheid fotonen (licht) meet, die niet geabsorbeerd worden wanneer ze door een monster in oplossing gezonden worden. Met een spectrofotometer kan men een concentratie meten door het meten van de lichtintensiteit. De wet van Beer-Lambert beschrijft de relatie tussen de extinctie (absorptie) en de concentratie van een monster, wanneer er een lineair verband bestaat tussen de gemeten extinctie (absorptie) en de concentratie van het monster.

De vergelijking van Beer-Lambert :

$$A = \epsilon.l.c$$

waarin  $A$  de extinctie (absorptie) is (geen eenheden),  $\epsilon$  is de molaire extinctiecoëfficiënt of molaire absorptiecoëfficiënt),  $l$  is afgelegde weg (binnendiameter cuvette) en  $c$  is de concentratie. De molaire extinctiecoëfficiënt wordt gegeven als een constante en de waarde is afhankelijk van het soort molecule. Daar extinctie (absorptie) ( $A$ ), molaire extinctiecoëfficiënt ( $\epsilon$ ) en weglengte ( $l$ ) bekend zijn, kunnen we de concentratie ( $c$ ) van het monster berekenen.

## Experimentele werkwijze

**Let op: er zijn slechts 3 spectrofotometers in het lab voor 12 groepen; plan je tijd dus goed!**

- Men beschikt over 13 buisjes die *Nannochloropsis sp.* bevatten. Alle monsters zijn afkomstig van een moederoplossing en werden 4 maal verdund op verschillende tijdstippen (dag 0, dag 3, dag 6, dag 9 en dag 12) en dit bij 3 verschillende CO<sub>2</sub>-concentraties.
- Buisje 14 bevat het onbekende monster, dat uit een cultuur werd genomen op de 10<sup>e</sup> dag en 4x verdund.
- Buisje 0 (blanco) bevat alleen zeewater verrijkt met nutriënten en wordt gebruikt om de spectrofotometer op zero extinctie te zetten..

Staal	Gebied A	Staal	Gebied B	Staal	Gebied C
1	0 dagen				
2	dag 3	6	dag 3	10	dag 3
3	dag 6	7	dag 6	11	dag 6
4	dag 9	8	dag 9	12	dag 9
5	dag 12	9	dag 12	13	dag 12
14	Onbekend monster				

**Steek je hand op wanneer je klaar bent om de spectrofotometer te gebruiken**

d. Schud elke reageerbuis gedurende 3 – 5 seconden alvorens elke meting uit te voeren, dit om het monster te homogeniseren.

e. *Houd er rekening mee dat je maar 25 minuten hebt om de spectrofotometer te gebruiken!*

Giet de oplossing van reageerbuis 0 (blanco) over in het cuvetje voor de spectrofotometer en plaats dit in het apparaat. Kijk goed uit dat je het cuvetje op de juiste manier in de spectrofotometer plaatst, nl. **met de transparante zijden in het traject van de lichtbundel.**

f. Druk op de “Zero” knop en op het scherm van het apparaat zie je 0.000 (gekalibreerd).

g. Met een pipet neem je voor elke desbetreffende dag telkens 3mL van de cultuuroplossing en doe dit in de cuvette. Het oppervlak van de oplossing moet op ca. 1 cm van de bovenkant van de cuvette blijven.

*Controleer of de spectrofotometer is ingesteld op 750 nm en volg de instructies die bij elke apparaat liggen (de assistent zal je hierbij helpen)*

*Na het experiment giet je de inhoud van de cuvette en het spoelwater in de voor dit doel voorziene afvalcontainer.*

h. Noteer je meetresultaten voor alle monsters op je antwoordblad in Tabel 1.

i. Teken je grafiek van de groeicurve op een blad mm-papier; op de grafiek zet je de extinctie



(absorptie) van elke cultuur uit tegen de tijd (dag van de cultuur). Je doet dit driemaal (eenmaal per omgevingsfactor; respectievelijk A, B en C).

Teken je 3 exponentiële curves in hetzelfde assenstelsel (zelfde grafiek). Hiervoor verbind je de punten afkomstig van je meetresultaten. **Dit is grafiek 1.**

j. Bepaal op je grafiek het extinctiegebied van het onbekende monster en noteer je antwoord op je antwoordblad.

k. De meetresultaten bij 750 nm voor de optische dichtheid (OD) dienen omgezet te worden in droog celgewicht (DCW)( $\text{mg L}^{-1}$ ). Hiervoor maak je gebruik van een factor die voordien bepaald werd (de vergelijking voor de calibratiecurve verschijnt op het scherm van de spectrofotometer).

Je noteert deze vergelijking op je antwoordblad bij Taak B.1.4.

Bepaal de DCW voor de monsters in het gebied dat je hebt vastgesteld.

l. Teken op mm-papier een grafiek (**grafiek 2**) waarin je de DCW uitzet tegen de tijd (dag van cultuur) en wel voor dat gebied waartoe volgens jou het monster behoort. Bepaal nu de DCW van het onbekende monster.

m. We veronderstellen dat *Nannochloropsis sp.* in staat is om 50 % triglyceriden te incorporeren in zijn droge biomassa. Bereken nu de concentratie aan triglyceriden ( $\text{mg L}^{-1}$ ) voor het gebied waartoe volgens jou het monster behoort en noteer de waarden op je antwoordblad. Om dit te doen kies je de dag van maximale DCW.

n. Zoals eerder vermeld heb je bij de verestering 3 mol alcohol nodig voor elke mol triglyceride om 1 mol glycerol en drie mol methylesters (biodiesel) te bekomen. Gebaseerd op de hoeveelheid triglyceriden die je in de vorige vraag (m) hebt berekend, bereken je nu de hoeveelheid biodiesel (in mg) geproduceerd in 1 liter oplossing, in de veronderstelling dat het meest voorkomende triglyceride palmolie is, met een molmassa van 807 g/mol. Houd rekening met het feit dat de molmassa van palmitinezuurmethylester (biodiesel) 270 g/mol is.

# TAAK B2 – CHEMIE

## Taak B2.1 - ZUIVERING NaCl

### VEILIGHEIDSVOORSCHRIFTEN VOOR HET EXPERIMENT

1. Draag een gesloten labjas en een veiligheidsbril terwijl je het experiment uitvoert; draag handschoenen als je met chemicaliën bezig bent.
2. Je mag nooit iets proeven. Je mag nooit direct ruiken aan de bron van een gas of nevel.
3. Veel vaakgebruikte reagentia, zoals bijvoorbeeld alcoholen, zijn erg brandbaar. **Gebruik ze nooit in de buurt van vlammen.**
4. **Doe je handschoenen alleen uit als je de brander gebruikt.**
5. Laat branders niet onbeheerd achter of zet de vlam klein en lichtgevend (gele vlam) als je de brander even niet gebruikt.
6. Als chemicaliën in contact komen met je huid of ogen, spoel dan onmiddellijk met een grote hoeveelheid water en vraag direct je toezichthouder om hulp.
7. Voer chemicaliën op de juiste wijze af. Er staan afvalvaten klaar.
8. **Wees voorzichtig met het gebruik van geconcentreerd zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )!!!!**  
Giet nooit water in zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); doe dit (indien nodig) altijd andersom ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  in water).

## Introductie

Het gebruik van zout als conserveermiddel in voedsel is al zeer lang bekend. Zout was onlosmakelijk verbonden met het leven van alle volken; vaak was het onderdeel van hun gewoontes, tradities en zelfs religies. In het oude Rome was zout zo waardevol dat het vaak in plaats van geld werd gebruikt bij transacties. Als je er even over nadenkt blijkt het Nederlandse woord “salaris” te komen van het Latijnse “salarium”, hetgeen betaling met zout betekent. Volgens de Oude Grieken symboliseert zout vriendschap en solidariteit. Zij gebruikten het om hun afspraken te bezegelen en als offer aan de Goden.

Zout kan worden onderscheiden in **steenzout** en **zeezout**.

**Steenzout**, verantwoordelijk voor 70% van de internationale zoutconsumptie, werd miljoenen jaren geleden gevormd door verdamping van oceaanwater als gevolg van geologische veranderingen. Het bevat grote hoeveelheden onzuiverheden; zuivering is noodzakelijk om deze te verwijderen.

**Zeezout** komt direct uit zeewater en wordt geproduceerd door indampen met behulp van zoutpannen. De zoutconcentratie varieert van zee tot zee. Noordelijke zeeën hebben een relatief lage zoutconcentratie van zo'n 3%, maar de Dode Zee heeft een veel hogere concentratie van wel 8%. Zout, NaCl, zoals verkregen uit zeewater bevat ook onzuiverheden. Sommige, zoals zand, zijn makkelijk te verwijderen, maar andere, zoals sulfaat-zouten ( $\text{MgSO}_4$  of  $\text{CaSO}_4$ ), vormen een grotere uitdaging.

Oplosbare stoffen (zoals zout), kunnen worden gezuiverd door ze op te lossen in water en te herkristalliseren, hetzij door afkoelen of door de toevoeging van een geschikt reagens (zoals bijvoorbeeld HCl). Op deze manier kristalliseert zuiver NaCl, terwijl de verontreinigingen opgelost blijven. Een dergelijke methode zal in dit experiment gebruikt worden om zout te zuiveren.

## Zuiveringsmethode

De zuiveringsmethode omvat de volgende stappen:

1. Van het steenzout wordt een verzadigde oplossing gemaakt. Indien nodig moet de oplossing gedecanteerd (=afgegoten) worden, zodat onoplosbare onzuiverheden (bijv. zand) achterblijven.
2. Door deze oplossing wordt een gas geleid (geborreld / gebubbeld), waardoor de concentratie chloride-ionen ( $\text{Cl}^-$ ) toeneemt. Dit heeft tot gevolg dat zuiver  $\text{NaCl}$  uitkristalliseert terwijl de onzuiverheden opgelost blijven.
3. De zuivere  $\text{NaCl}$  kan verkregen worden door filtreren.
4. De gezuiverde stof wordt gedroogd in een droogstoof (=oven).

De bovenstaande procedure kan één of meerdere keren worden herhaald als  $\text{NaCl}$  van hoge zuiverheid nodig is.

BENODIGDHEDEN	CHEMICALIËN
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ spatel / lepel</li> <li>▪ brander (I in <b>Figuur 1</b>)</li> <li>▪ rondbodemkolf (<b>A</b>)</li> <li>▪ allonge (<b>B</b>, een verloopstuk met drie uiteinden)</li> <li>▪ plastic klemmen in verschillende groottes (<b>H</b>)</li> <li>▪ een gaswasfles (<b>E</b>), aan de ene kant via een siliconen slang verbonden met een verloopstuk (<b>C</b>, om aan te sluiten op de allonge) en aan de andere kant verbonden met het steeltje van een kleine glazen trechter (<b>F</b>).</li> <li>▪ druppeltrechter (<b>D</b>)</li> <li>▪ een spuitfles met gedestilleerd water</li> <li>▪ 3 bekeerglazen (100, 250 en 400 mL (<b>G</b>))</li> <li>▪ 2 maatcilinders (25 en 100 mL)</li> <li>▪ kleine plastic trechter</li> <li>▪ grote glazen trechter</li> <li>▪ filtreerpapier</li> <li>▪ 4 reageerbuizen</li> <li>▪ reageerbuisrek</li> <li>▪ erlenmeyer (250 mL) voor de filtratie</li> <li>▪ 3 statieven</li> <li>▪ 3 metalen statiefklemmen (<b>L</b>)</li> <li>▪ 3 'mannelijks' (<b>K</b>, om de statiefklemmen te bevestigen)</li> <li>▪ horlogeglas</li> <li>▪ houten pincet / knijper</li> <li>▪ roerstaaf</li> <li>▪ droogstoof (=oven)</li> <li>▪ weegpapier</li> <li>▪ elektronische bovenweger (nauwkeurigheid <math>\pm 0,1</math> g)</li> <li>▪ vaseline</li> <li>▪ potlood</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ keukenzout (NaCl)</li> <li>▪ onzuivere NaCl</li> <li>▪ geconcentreerd zwavelzuur (<math>H_2SO_4(l)</math>)</li> <li>▪ 1 M <math>BaCl_2(aq)</math></li> <li>▪ ethanol (<math>CH_3CH_2OH</math>)</li> <li>▪ gedestilleerd water</li> </ul>

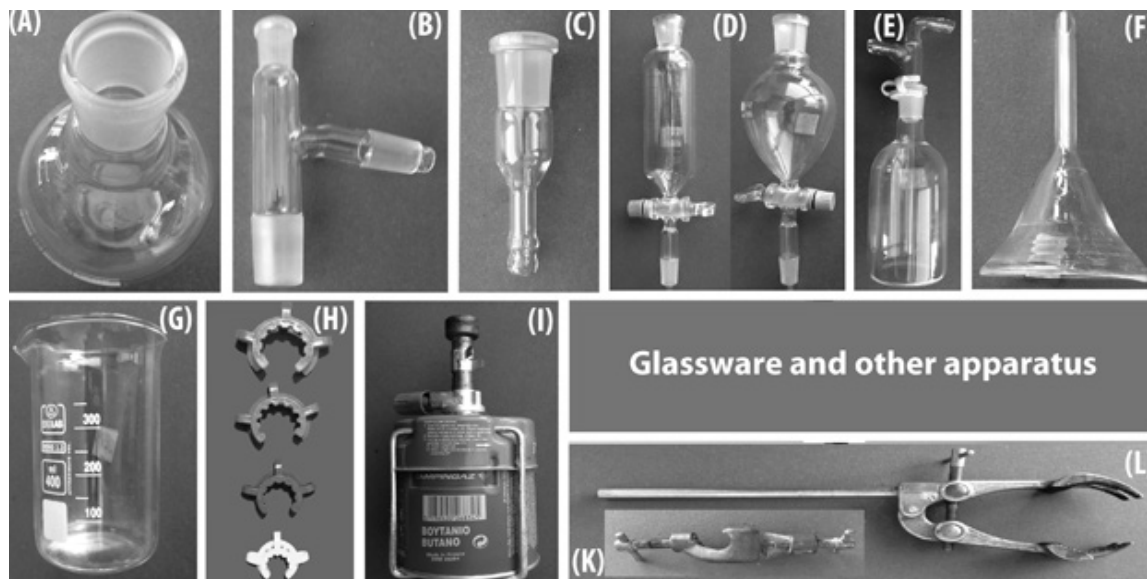
## Werkwijze

**Let op! Als je de veiligheidsvoorschriften niet opvolgt kun je punten in mindering krijgen of zelfs uit het labo gestuurd worden!**

**2.1.** Weeg 37 g onzuivere NaCl af en doe dit in een bekeerglas waarin je 100 mL gedestilleerd water hebt gedaan. De oplosbaarheid van NaCl is 35,7 g / 100 mL H<sub>2</sub>O bij 20 °C. Roer totdat de NaCl oplost, waardoor een verzadigde oplossing ontstaat. Als een onoplosbaar residu achterblijft, decanteer dan de oplossing in een ander bekeerglas van 400 mL (bekerglas **G** in **Figuur 1**).

**2.2.** Meet 10 mL van deze oplossing af en doe dit in een reageerbuisje (**oplossing 1**). Zet het buisje weg tot stap **2.11**.

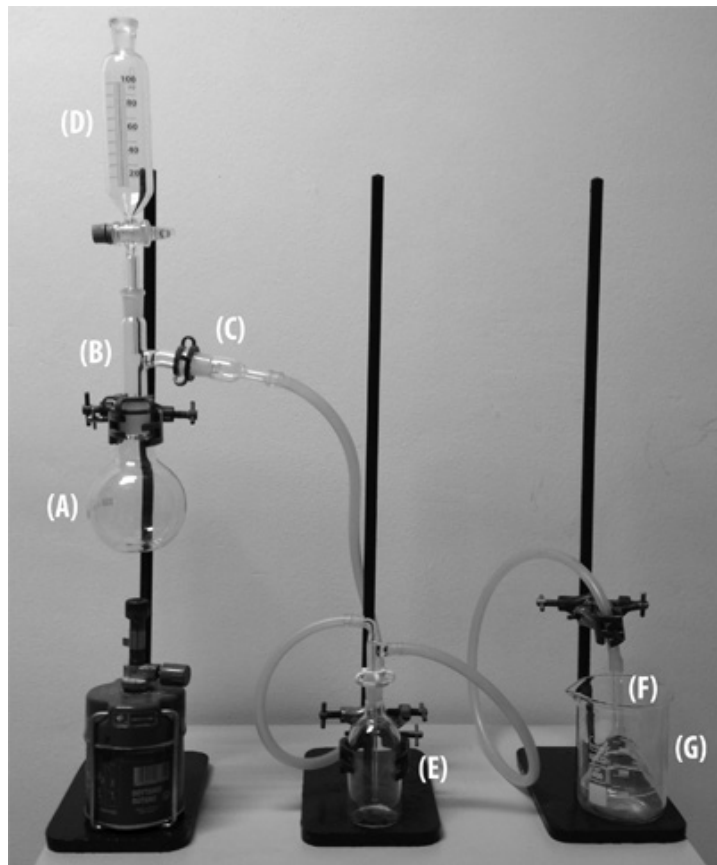
**2.3.** Doe 40 g keukenzout in de rondbodemkolf (**kolf A** in **Figuur 1**). Zet de allonge (**B**) op de rondbodemkolf en maak hem vast met de groene klem. **Smeer telkens als je twee stukken glaswerk aan elkaar bevestigt de slijpstukken in met een heel klein beetje vaseline.** Volg daarna de onderstaande instructies op om de opstelling in **Figuur 2** af te bouwen. **Dit moet je in de zuurkast doen!**



**Figuur 1:** Foto's van het glaswerk en andere spullen die je nodig hebt voor het experiment.

- (A) rondbodemkolf
- (B) allonge (verloopstuk met drie uiteinden)

- (C) een verloopstuk voor het verbinden van de allonge met een siliconen slang
- (D) druppeltrechter (twee verschillende types mogelijk)
- (E) gaswasfles (om terugslag te voorkomen)
- (F) kleine glazen trechter
- (G) 400 mL bekeerglas
- (H) plastic klemmen van verschillende grootten en kleuren
- (I) brander
- (K) 'mannetje' (om de statiefklemmen te bevestigen)
- (L) metalen statiefklem



**Figuur 2:** De opstelling voor de zuivering van NaCl.

Bevestig met behulp van een ‘mannetje’ en een statiefklem de rondbodempkolf (A) met daarop de allonge (B) aan het statief. Zorg ervoor dat de rondbodempkolf zo hoog hangt dat de brander er nog onder past; deze heb je namelijk nodig om de rondbodempkolf te verwarmen. Zet de druppeltrechter (D) op de allonge (B) en gebruik een gele klem om hem vast te maken. **Zorg ervoor dat het kraantje van de druppeltrechter dicht staat.** Gebruik een mannetje en statiefklem om de gaswasfles (E) aan een tweede statief te bevestigen. De gaswasfles (E) is uitgerust met twee siliconen slangetjes. Een van de slangetjes is verbonden met verloopstuk (C). Verbind dit verloopstuk met de allonge (B) en zet hem vast met een blauwe klem. Het andere siliconen slangetje aan de gaswasfles is verbonden met het steeltje van de kleine glazen trechter (F). Hang als laatste de kleine glazen trechter met de slang eraan ondersteboven in bekeerglas (G) en zorg ervoor dat de grote opening zich volledig onder het oppervlak van de verzadigde oplossing bevindt, maar dat hij de bodem niet raakt. Zorg dat de trechter op zijn plaats blijft door hem met een mannetje en een statiefklem aan het derde statief vast te maken.

**Vraag je toezichthouder om je opstelling te controleren voordat je verder gaat.**

**Che 1. Beantwoord de vraag op het antwoordblad.**

**2.4.** Draag handschoenen en giet **vlot maar voorzichtig** 40 mL geconcentreerd  $H_2SO_4$  (zwavelzuur) in de druppel-trechter (D).

**LET OP: DE KRAAN VAN DE DRUPPELTRECHTER MOET DICHT STAAN**

**2.5.** Laat de geconcentreerde  $H_2SO_4$  nu **druppel voor druppel** in de rondbodempkolf lopen, terwijl je de kolf regelmatig **voorzichtig** verwarmt met de brander. **Doe je handschoenen uit voordat je met verwarmen begint.** De procedure is afgerond als alle geconcentreerde  $H_2SO_4$  is toegevoegd aan de NaCl oplossing en er geen bellen meer gevormd worden in bekeerglas (G) dat de verzadigde NaCl oplossing bevat. Zet de kraan van de druppeltrechter dicht nadat alle  $H_2SO_4$  is toegevoegd.

**Che 2 – Che 4. Beantwoord de vragen op het antwoordblad.**

**2.6.** Schrijf met potlood “NL” aan de rand van het filtreerpapier. Filtreer – in de zuurkast – het mengsel uit bekeerglas (G).

**2.7.** Was het residu drie keer, telkens met porties van 10 mL ethanol.

**2.8.** Leg het filtreerpapier met het residu op een horlogeglas en spreid het residu uit over de gehele oppervlakte van het filtreerpapier. Plaats het geheel gedurende 40 minuten in de droogstoof op 110 °C.



**Che 5. Beantwoord de vraag op het antwoordblad.**

**2.9.** Pak, met behulp van de houten pincet, na afloop van het droogproces het horlogeglas, filtreerpapier en de gezuiverde NaCl uit de droogstoof. Weeg  $x$  g van de gezuiverde NaCl af (zie je berekening in **Che 5**) en doe dit in een bekeerglas van 100 mL waarin je 15 mL gedestilleerd water hebt gedaan. Roer de oplossing totdat de NaCl volledig opgelost is en een oplossing van gelijke concentratie als de originele **oplossing 1** is ontstaan.

**2.10.** Doe 10 mL van deze oplossing in een reageerbuis (**oplossing 2**).

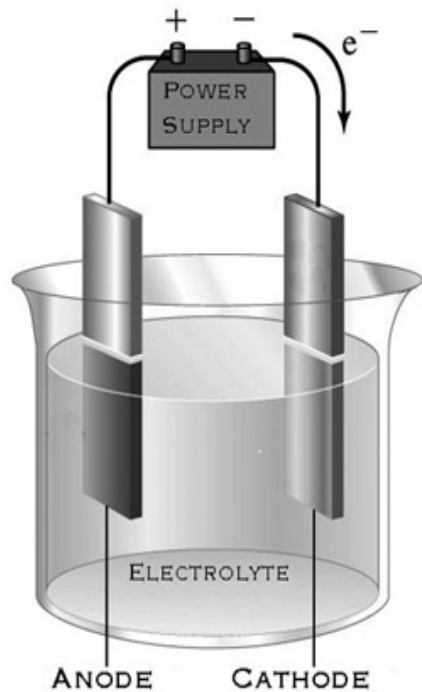
**2.11.** Voeg 3 druppels  $\text{BaCl}_2$  (*aq*) toe aan reageerbuisen 1 en 2 en roer met de roerstaaf.

**Che 6 – Che 12. Beantwoord de vragen op het antwoordblad.**

## **Taak B2.2 Elektrolyse van NaCl oplossing met koolstof C(s) elektroden**

### **INLEIDING**

Wanneer een spanningsverschil wordt aangelegd over twee elektroden die in een zoutoplossing (elektrolyt) of gesmolten zout (elektrolyt) geplaatst zijn, treedt elektrolyse op. Bij elektrolyse vindt een (totaal-) redoxreactie plaats, die het resultaat is van twee halfreacties: een reductie en een oxidatie. Zowel in een zoutoplossing als in een gesmolten zout zijn positieve en negatieve ionen aanwezig die zich vrij kunnen bewegen. De redoxreactie treedt op als gevolg van een elektrische stroom door een elektrolyt. Bij elektrolyse wordt elektrische energie omgezet in chemische energie. Het elektrolyseproces vindt plaats in een elektrolyse-opstelling. In de onderstaande figuur is zo'n opstelling schematisch weergegeven.



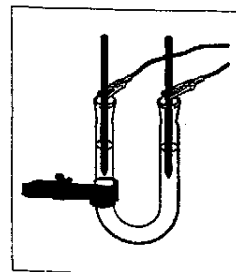
**Figuur 3:** schema van een elektrolyse-opstelling.

Elektrolyse kent verschillende toepassingen. Voorbeelden hiervan zijn de productie op industriële schaal van Na, Al,  $Cl_2$ , HCl, NaClO,  $NaClO_3$  en NaOH, alsmede elektroplating: het aanbrengen van een laagje duurzamer, mooier of edeler metaal (bijvoorbeeld Ag, Au of Pt) op een ander metaal.

Apparatuur	Benodigheden
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gelijkspanningsbron (5V)</li> <li>• U-vormige buis</li> <li>• statief met klem</li> <li>• 2 druppelpipetten</li> <li>• 2 reageerbuisjes</li> <li>• reageerbuisrekje</li> <li>• 2 verbindingsdraden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 koolstof elektroden</li> <li>• 2,0 M NaCl oplossing (<math>NaCl(aq)</math>)</li> <li>• fenolftaleïne</li> <li>• 1,0 M KI oplossing (<math>KI(aq)</math>)</li> <li>• een stukje brood</li> </ul>

## Werkwijze

- 3.1. Monteer de U-vormige buis met de klem aan het statief. Giet zoveel 2,0 M NaCl oplossing in de U-vormige buis dat de vloeistof ongeveer 2 cm onder de opening(en) blijft staan. Verbind de koolstof elektroden met de spanningsbron ( $\approx 5V$ ) en plaats de elektroden via de openingen van de U-vormige buis in de oplossing. Laat de oplossing gedurende ongeveer 5 minuten elektrolyseren.



- 3.2. Verwijder de elektroden.
- 3.3. Haal met behulp van een druppelpipet ongeveer 2 mL oplossing uit de buis aan de kathodezijde (eng: cathode; weergegeven in figuur 3) en breng dit over in een reageerbuis (**oplossing C**).
- 3.4. Haal met behulp van een druppelpipet ongeveer 2 mL oplossing uit de buis aan de anodezijde en breng dit over in een reageerbuis (**oplossing A**).
- 3.5. Voeg aan oplossing A ongeveer 10 druppels KI oplossing ( $KI(aq)$ ) toe .

**Che 13 - 18. Beantwoord nu de vragen op het antwoordblad.**

- 3.6. Voeg aan oplossing C ongeveer 2 – 3 druppels fenolftaleïne toe.

**Che 19 - 23. Beantwoord nu de vragen op het antwoordblad.**

# Opdracht B3 – Fysica

## Het gebruik van een elektrolytisch apparaat om de massaconcentratie van een natriumchloride-oplossing te meten

### Samenvatting

Onze doelstelling is om (a) **experimenteel de relatie tussen de elektrische geleidbaarheid en de massaconcentratie te bestuderen van een verdunde natriumchloride-oplossing in een elektrolytisch apparaat** en (b) **om het elektrolytisch apparaat te kalibreren**.

De massaconcentratie  $\rho_A$  van ingrediënt A van een oplossing is gedefinieerd door de formule  $\rho_A = \frac{m_A}{V}$ , waarbij  $m_A$  de massa van ingrediënt A van de oplossing en  $V$  het volume van de oplossing voorstelt.

Het onderzoek is beperkt tot een specifiek bereik van de massaconcentratie van  $2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$  tot  $6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$ . Jullie resultaten worden gebruikt voor de kalibratie van een elektrolytisch apparaat, zodat we experimenteel de concentratie van een onbekende zoutoplossing kunnen bepalen met behulp van het elektrolytische apparaat.

### Theoretisch kader - Experimentele procedure

#### Geleidbaarheid van een ionische natriumchloride oplossing – wet van Ohm

Het is bekend dat een ionische oplossing elektrische stroom geleidt. Onder bepaalde omstandigheden – die gelden in de situatie die wij bestuderen – voldoet deze aan de **wet van Ohm**.

We doen een natriumchloride-oplossing met massaconcentratie  $\rho_A$  in een reageerbuis. We dompelen twee identieke metalen platen (elektroden) in de vloeistof. We hebben nu een **elektrolytisch apparaat** gebouwd.

Volgens de wet van Ohm geldt, dat als er een potentiaalverschil  $U$  is over de twee elektrodes, er een stroom gaat door de oplossing die rechtevenredig is met het potentiaalverschil:

$$I = G \cdot U \quad (1)$$

$G$  is een constante die staat voor de **elektrolytische geleidbaarheid** van het apparaat. Geleidbaarheid is het omgekeerde van de weerstand van het apparaat,  $G = 1 / R$ . Deze wordt gemeten in  $\Omega^{-1}$  of siemens (S).

Om **experimenteel de geleidbaarheid van het apparaat te bepalen**: sluit het elektrolytische apparaat in serie met een  $120 \Omega$  weerstand aan in een gesloten stroomkring; gebruik dan een **voltmeter** om het potentiaalverschil tussen de polen van het apparaat te meten en een **ampèremeter** om de stroom erdoorheen te meten.

De geleidbaarheid van een elektrolytisch apparaat die een ionische oplossing bevat hangt af van de volgende factoren:

- 1) Het formaat, de positie en de vorm van de elektroden van het apparaat.
- 2) De temperatuur van de oplossing.
- 3) De concentratie van de ionische oplossing.

Hieruit volgt dat, als we de geleidbaarheid gaan bestuderen als een functie van één van de bovenstaande factoren, we de twee andere factoren tijdens het gehele experiment constant moeten houden. Dus om de geleidbaarheid als functie van de concentratie van een oplossing te bestuderen, moeten we ervoor zorgen dat de elektroden van het apparaat in een bepaalde positie moeten worden gehouden en de temperatuur van de oplossing constant.

Onder de omstandigheden waaronder deze experimenten worden uitgevoerd mogen we aannemen dat er een lineair verband bestaat tussen de geleidbaarheid en de concentratie natriumchloride in de oplossing. Dus als we keukenzout oplossen in leidingwater en een oplossing met concentratie  $\rho_A$  maken, dan wordt de geleidbaarheid van de oplossing gegeven door de relatie:

$$G = \lambda \cdot \rho_A + G_0 \quad (2)$$

waarbij  $\lambda$ ,  $G_0$  constanten zijn die afhangen van de temperatuur, het type oplossing en de manier waarop het elektrolytische apparaat was gebouwd.

Tijdens de experimentele procedure meten we voor verschillende waarden van de concentratie van de zoutwateroplossing de overeenkomstige waarde van de geleidbaarheid, en plotten  $G$  als functie van  $\rho_A$  (grafiek). We zullen nagaan of de experimentele data overeenstemmen met relatie (2) en bepalen de waarden van constanten  $\lambda$ ,  $G_0$ .

## Apparatuur en materialen

1. Generator YB16200  
[instellingen: golfvorm sinus AC , frequentie 1,5 kHz , uitgangsvermogen 24 Watt ].
2. Twee multimeters.
3. Weerstand 120  $\Omega$ .
4. Elektrolytisch systeem van twee elektroden en een oplossing in een reageerbuis.
5. Schakelaar.
6. Kabels.
7. Een maatbeker van 100 mL.
8. Houder met vijf reageerbuisjes.
9. Plastic spuit 20 mL.
10. Vijf plastic bekers van 100 mL.
11. Weegschaal met resolutie 0,1 g.
12. Natriumchloride in vaste vorm.
13. Plastic lepel.
14. Plastic beker.
15. Markeerder.
16. Milimeterpapier.
17. Rekenmachine (2x).
18. Meetlat 20 cm - 30 cm.
19. Potlood, pen (3x), gum.
20. Keukenpapier.

## Experimentele werkwijze

**Gebruik het juiste aantal significante cijfers in alle metingen en berekeningen.**

1. Gebruik de bekers, de spuit en de weegschaal om vijf zoutwater-oplossingen voor te bereiden met de volgende massaconcentraties (gebruik kraanwater als oplosmiddel):

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 3 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 4 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 5 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \text{ en } 6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$$

Deze doen we in de plastic bekers. We merken alle bekers met de concentratie die de oplossing bevat .

2. Wijs telkens een reageerbuisje toe aan elke beker en markeer deze. Vul elk proefbuisje halfvol met de oplossing van de overeenkomstige beker. Noteer op elk reageerbuisje de concentratie die de oplossing bevat .

3. Plaats het systeem van de twee elektroden in het eerste reageerbuisje, die de oplossing

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \text{ bevat.}$$

4. Teken een geschikt schakelschema voor de metingen op het antwoordblad.

5. Stel de frequentie van de generator in op 1,5 kHz en **houd deze constant gedurende het experiment**. Maak de schakeling.

6. **Sluit de schakelaar niet voordat de toezichthouder de schakeling gecontroleerd heeft**. De toezichthouder zal de schakeling aanpassen indien nodig.

**Op ieder moment dat je niet meet moet de schakelaar open zijn.**

Stel de generator in op de maximale amplitude en sluit de schakelaar. Wacht even totdat de waarden van het potentiaalverschil (spanning) over de polen van het elektrolytische apparaat en de stroom door de schakeling gestabiliseerd is. Noteer deze waarden in tabel A en open vervolgens de schakelaar.

Herhaal de bovenstaande procedure voor elke oplossing die je hebt voorbereid. Zorg er telkens voor dat de elektroden van het apparaat gespoeld en droog zijn. Vul alle cellen van tabel A in.

## Gegevensverwerking en -evaluatie

[noteer al je berekeningen op het antwoordblad ]

1. Teken op millimeterpapier de experimentele rechte lijn van de geleidbaarheid ( $G$ ) als functie van de concentratie ( $\rho_A$ ).
2. Bepaal de waarden van de constanten  $\lambda$ ,  $G_0$  gebruikt in vergelijking (2).
3. Vraag de toezichthouder om je te voorzien van een flacon met zoutoplossing van onbekende concentratie van natriumchloride,  $\rho_x$ . Bepaal experimenteel de concentratie van deze oplossing van natriumchloride met behulp van jullie experimentele apparaat en jullie grafiek.