

Lesbrief

Lessenserie

Help Avantium – Onderzoek naar biodegradatie



Handleiding voor de docent

Link naar de digibordles en de werkbladen: [C3.nl/help-avantium](https://c3.nl/help-avantium)

In samenwerking met Avantium biedt C3 deze lessenserie aan waarin leerlingen een echte bijdrage leveren aan onderzoek van Avantium naar de bio-afbreekbaarheid van materialen. Leerlingen ervaren hoe zij zelf kunnen bijdragen aan een duurzame wereld door het verwerven van meer kennis. Tegelijkertijd leren ze hoe zij een betrouwbaar, nauwkeurig en valide onderzoek doen. Ook reflecteren ze op hun eigen kunnen en oriënteren ze zich op het beroep van onderzoeker.

Doelgroep

Klassen 4/5/6 havo/vwo

Duur van de lessenserie

Je kunt deze lessenserie helemaal uitvoeren of inkorten, afhankelijk van je keuze:

- 1 lesuur: alleen introductie
- 2 lesuren: introductie + opzetten plan
- 5 lesuren over een periode van minimaal 12 weken: het gehele onderzoek

Veiligheid

- Er zijn bij gebruik van de beoogde materialen geen speciale veiligheidsvoorschriften.

Werkvormen

De leerlingen werken in groepjes van 2-4 leerlingen aan hun onderzoek.

Concepten en contexten

- Circulaire chemie
- Groene chemie
- Duurzaamheid
- Biodegradatie

Benodigheden

Bij het uitvoeren van het onderzoek zijn de benodigheden afhankelijk van de gekozen materialen en omstandigheden.

Te denken valt aan:

- Materialen om te onderzoeken
 - X: Composteerbare materialen: Alle (verpakkings- of wegwerp-) materialen die voorzien zijn van het composteerbaar logo
- 
 - Y: Andere producten die als afval belanden in de natuur: gft-afval of papieren bakers/kranten.
- Omstandigheden
 - 1 zak tuinaarde/potgrond of iets dergelijks.
 - Sloopwater
 - Bakken, potten of emmers
 - Etc.
- Meetapparatuur
 - Camera
 - Liniaal
 - Weegschaal
 - Etc.

Leerdoelen

Overkoepelend

- De kandidaat kan vraagstellingen, in de context van circulaire chemie en materialen, analyseren en vertalen in een vakspecifiek valide onderzoeksplan, waarbij gebruik gemaakt wordt van relevante begrippen en theorie. De kandidaat is in staat om het onderzoeksplan uit te voeren, waarbij nauwkeurige en betrouwbare resultaten worden verkregen en is in staat om uit de onderzoeksresultaten conclusies te trekken. De kandidaat maakt hierbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden (gebaseerd op vwo Subdomein A5: onderzoeken).
- De kandidaat kan de termen biobased, biodegradable, composteerbaar van elkaar onderscheiden en de relatie tussen de termen uitleggen.

Onderzoek opstellen

- De kandidaat kan, gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden: (Subdomein A5 havo/vwo)
 - Een hypothese opstellen bij de onderzoeksvraag, waarbij verwachtingen worden geformuleerd betreffende de biologische afbreekbaarheid van materialen gebaseerd op de structuur van het materiaal.
 - Een werkplan maken voor het uitvoeren van een onderzoek naar de biologische afbreekbaarheid van materialen ter beantwoording van een onderzoeksvraag.

Onderzoek uitvoeren

- De kandidaat kan, gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden: (Subdomein A5 havo/vwo)
 - Voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
 - Meetgegevens verwerken op een wijze die helpt bij de beantwoording van de onderzoeksvraag.
 - Op grond van verzamelde gegevens van het uitgevoerde onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvragen van het onderzoek.
 - De uitvoering van het onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, validiteit en betrouwbaarheid.

Reflecteren

- De kandidaat kan beschrijven wat zijn beeld is van het uitoefenen van wetenschappelijk onderzoek en hoe de betreffende beroepsbeoefenaar denkt en werkt.
- De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op: (Subdomein A3 havo/vwo)
 - Zijn eigen belangstelling in het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek rond circulaire chemie.
 - Zijn motivatie om wel of geen wetenschappelijk gerelateerde opleiding in deze richting te volgen.
 - Zijn leerproces tijdens het ontwerpen en uitvoeren van een onderzoek, dat bestaat uit de genomen stappen in de verschillende fasen van het onderzoek, de geleverde producten en het eigen functioneren tijdens het onderzoek.
- De kandidaat kan reflecteren op het gedane onderzoek en beargumenteren welke onderdelen beter of anders konden.

Vorbereiding

1. Lees deze lesbeschrijving door.
2. Bekijk alle lesitems op de website en in het bijbehorende zipbestand.
3. Bepaal welke onderdelen van de lessenserie je wilt doen.
 - a. 1 lesuur: alleen introductie
 - b. 2 lessen: introductie + opzetten plan
 - c. 4-5 lessen over een periode van minimaal 12 weken: het gehele onderzoek.

Tijdsplanning

Hieronder een voorbeeld van de tijdsduur per element van de lessenserie. Wat per les precies gedaan wordt, vind je in de lesbeschrijving op pagina 5. De term 'lesitem' verwijst naar één van de onderdelen op de website C3.nl/help-avantium.

Les	Activiteit	Tijd	Opmerkingen	Pagina
1: Introductie + onderzoeksplan opzetten	Introductie video – lesitem 1	15 min		5
	Oriëntatie op het onderzoek en maken van onderzoeksplan – lesitems 2 + 3 + 4 + 5	15 – 20 min	Vorbereiding op onderzoeksplan kan als huiswerk gedaan worden.	
2: Onderzoeksplan opzetten (vervolg)	Opstellen onderzoeksplan per groepje – lesitems 2 + 3 + 4 + 5	± 45 min		9
	Reflectie op opstellen onderzoeksplan	± 15 min	Dit kan als huiswerk gedaan worden.	
3: Start uitvoering onderzoek	Opstarten onderzoek	± 45 min		11
Uitvoering onderzoek	Bijhouden onderzoek	± 5-10 min per week	Leerlingen doen gedurende tenminste 12 weken metingen..	
	Reflectie na uitvoering onderzoek	± 15 min	Dit kan als huiswerk gedaan worden.	
4: Analyse van resultaten, conclusie en discussie	Resultaat verwerking en analyse	± 30 min		12
	Klassikale conclusie trekken en discussie opstellen	± 15 min		
5: Inleveren data bij Avantium	Data en conclusie inleveren bij Avantium	± 30 min	Dit kan als huiswerk gedaan worden.	13
	Reflectie na uitvoering van het onderzoek	± 15 min	Dit kan als huiswerk gedaan worden.	

Lesbeschrijving

De gehele lessenserie bestaat uit vijf lessen waarin de leerlingen zelf een onderzoek doen naar de biodegradatie van materialen. Met behulp van de digibordles op C3.nl/help-avantium en de daarop beschikbare lesitems geef je de lessenserie in de klas. Hieronder een beschrijving hoe de les zou kunnen verlopen.

1. Introductie + uitleg onderzoeksplan

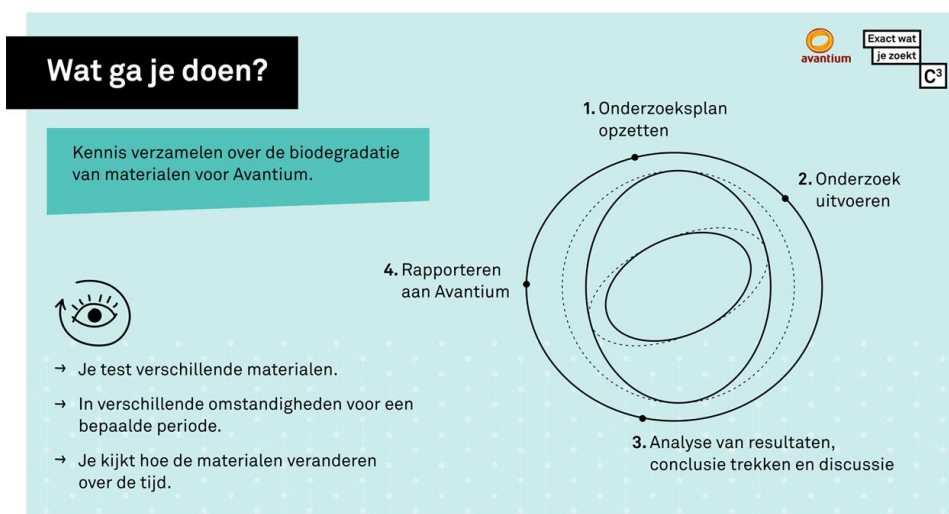
Deel 1: Introductie

Het doel van de introductie is om de leerlingen de basisinformatie te geven die nodig is om te starten met het onderzoek, het geven van de onderzoeksoopdracht en het oriënteren op het onderzoek.

- Introduceer de les en de video **Lesitem 1 – Help Avantium**. In deze video legt Gert-Jan Gruter (CTO bij Avantium) uit welk onderzoek Avantium doet en op welke manier de leerlingen gaan helpen met hun onderzoek naar biodegradatie.



- Bespreek na het bekijken van de video met de leerlingen wat ze gaan doen. Gebruik hiervoor **lesitem 2 – Wat ga je doen?**. Bepaal vooraf hoe ver je gaat, zie voorbereiding.



- Bespreek de vragen op **lesitem 3 – Wat wil Avantium weten?**

Wat wil Avantium weten?

In welke mate breekt materiaal X en Y af wanneer het in de natuur terecht komt?

Op welke manier kun je die afbraak waarnemen?

Hoe lang duurt de afbraak?

Wat is het verschil in de waargenomen afbraak tussen materialen X en Y?

Bepaal met de klas welke materialen en welke plekken in de natuur jullie willen onderzoeken.

- Activeer **de voorkennis van de leerlingen** over de onderwerpen biodegradatie/biologische afbraak en verschillende materialen. Suggesties voor vragen:
 - Wat is biodegradatie?
 - Welke soorten plastics kennen ze?
 - Welke eigenschappen heeft plastic? Algemeen en in relatie tot biodegradatie?
 - Op welke manier breken (biodegradeerbare) materialen af?
 - Welke variabelen spelen een rol bij biodegradatie?
 - Welke materialen zijn wel of niet biodegradeerbaar?
 - Hoe kun je biodegradatie van materialen meten?
 - Etc...
- Bij **lesitem 3** zijn er drie **punten belangrijk** om met de leerlingen te bespreken. Deze zijn niet door Avantium gegeven. De klas gaat als geheel functioneren als een onderzoeksgroep, die in groepen deelaspecten onderzoeken.
 - Welke materialen kunnen/willen de leerlingen onderzoeken?**
 Indien de leerlingen niets kunnen bedenken zijn er de volgende suggesties:
 X: Alle verpakkings- of wegwerkartikelen voorzien van een logo met de term composteerbaar. Of biologisch afbreekbaar.
 Y: gft-afval zoals, fruitschillen van bananen, sinaasappels, appels, maar ook papieren afval zoals een krant etc.
 - Op welke plekken in de natuur komen materialen terecht? En welke van die plekken willen de leerlingen meenemen in hun onderzoek?**
 Indien de leerlingen niets kunnen bedenken zijn er de volgende suggesties:
 Land: bos, heide, grasveld, parken, perkjes, groenstroken, bermen, etc.
 Water: Zee, sloot, rivier, vijvers, etc.
 - Bepaal met de klas welke materialen en welke plekken in de natuur onderzocht gaan worden.**

Verdeel de klas in groepjes van 2-4 leerlingen en bepaal samen wie welke materialen en op welke plekken nader gaat onderzoeken. Dit kan ook in een volgende les bepaald worden.

Deel 2: Uitleg onderzoeksplan

Doel: Inzicht krijgen in het onderzoek en een duidelijk plan opstellen, zodat de leerlingen weten wat ze gaan doen tijdens de uitvoering van het onderzoek.

- Bespreek met de leerlingen hoe ze hun onderzoek gaan opzetten. Gebruik hiervoor **lesitem 4 – Hoe maak je je onderzoeksplan?** en **lesitem 5 – Richtlijnen voor een onderzoeksplan**. **Lesitem 5** is een pdf document met een beschrijving van negen onderdelen die terug moeten komen in het onderzoeksplan. Dit bestand kun je downloaden en via je digitale omgeving beschikbaar stellen aan de leerlingen.



- De volgende **vijf punten zijn belangrijk** om met de leerlingen te bespreken.
- Deel de klas op in groepjes en geef ieder groepje een nummer. Dit nummer is belangrijk i.v.m. het doorgeven van de resultaten aan Avantium. Dan hoeven de leerlingen geen namen door te geven.
 - De **vragen** die op **lesitem 4** staan **geven richting** aan het onderzoeksplan. De antwoorden op deze vragen hangen samen en hebben invloed op elkaar en vormen samen een onderzoeksplan. Dit is ook beschreven in **lesitem 5**. De leerlingen hoeven de vragen dus niet persé één voor één in te vullen. Stimuleer een iteratief invulproces waar ze heen-en-weer en teruggaan tussen de diverse onderdelen.
 - Een **hypothese** stel je op op basis van de kennis die je nu hebt. De leerlingen kunnen ook eerst meer informatie opzoeken over het materiaal dat ze kiezen, zodat ze een beter onderbouwde hypothese kunnen opstellen en deze hypothese in hun experiment gaan toetsen.
 - Het **meetprotocol** is **door Avantium gegeven**, zodat zij de metingen die de leerlingen doen echt kunnen gebruiken. Hier kunnen de leerlingen niets aan veranderen. Het is een belangrijk onderdeel van hun onderzoekplan en bepalend voor wat de leerlingen gaan doen.

5. **Avantium heeft een excelbestand aangeleverd** waarin de leerlingen hun data verzamelen. Dit document leveren ze aan het einde van het onderzoek in bij Avantium. Het excelbestand vind je als bijlage bij deze lesbrief in het zipbestand.
6. **Bespreek de eisen waar het plan aan moet voldoen.**
 - a. **Uitvoerbaar:** het plan moet door de leerlingen uitgevoerd kunnen worden met de materialen die zij tot hun beschikking hebben.
 - b. **Haalbaar:** het plan moet haalbaar zijn in de tijd die de leerlingen tot hun beschikking hebben. Jij bepaalt hoe lang het onderzoek totaal mag doorlopen. Het moet tenminste twaalf weken lopen.
 - c. **Betrouwbaar.** Hoe zorgen de leerlingen ervoor dat hun onderzoek betrouwbaar is. Als je iets meet kan er altijd iets misgaan. Twee keer meten geeft meer zekerheid dan één keer meten. Hoe beter je in staat bent om de random variatie te verkleinen, des te betrouwbaarder is je meting. Als iemand anders de metingen nadoet dan moet diegene dezelfde uitkomsten verkrijgen. Dan is de betrouwbaarheid in orde.
 - d. **Nauwkeurig:** Met nauwkeurigheid wordt bedoeld 'hoe precies je meet'. Apparatuur bevat altijd een bepaalde meetonnauwkeurigheid. Dat wil zeggen dat je niet altijd tot heel veel cijfers achter de komma kunt meten. Daarnaast moet het apparaat goed afgesteld of geijkt zijn. De variatie die ontstaat door het apparaat noemen we een systematische fout en die is niet te voorkomen.
Wat je wel kunt beperken is de menselijke factor: proces- of afleesfouten.
Procesfouten: metingen worden niet goed, zorgvuldig, precies of hygiënisch uitgevoerd.
Afleesfouten. niet het aantal juiste cijfers achter de komma, niet goed afschatten en niet op de correcte wijze aflezen (ooghoogte, balans op 'nul' zetten enz.).
Je nauwkeurigheid wordt ook bepaald door het aantal keer dat je dezelfde meting uitvoert. Hoe meer metingen des te betrouwbaarder je resultaat. Je kunt dan statistisch een betekenisvolle relatie leggen tussen variabelen.
 - e. **Valid.** Bij validiteit gaat het over de vraag: meet je wel wat je wilt meten? Heb je het goede meetinstrument gebruikt? Een voorbeeld maakt het duidelijker: als je een uitspraak wilt doen over het vetgehalte van een topsporter, is het maar de vraag of je de massa moet meten. Immers spieren wegen zwaarder dan vet, maar als iemand een laag gewicht heeft, wil dat niet zeggen dat dat komt door de afwezigheid van vet. Validiteit speelt ook een rol als je onderzoeksresultaten plaatst in een groter geheel. Zijn je resultaten vergelijkbaar met andere onderzoeken? Hebben anderen iets soortgelijks gemeten? Met andere woorden, vallen je resultaten niet uit de toon? Om de validiteit van je onderzoek te vergroten, moet je vooral zorgen dat je de factor mens zo veel mogelijk verkleint en dat er overeenstemming is over de interpretaties van de waarnemingen. Je moet je bevindingen laten verifiëren. Dus als iemand anders naar je data kijkt, ziet die dan hetzelfde patroon of onderschrijft hij dezelfde stellingname als jij? Het onderzoek wordt meer valide als door meer onderzoekers, onafhankelijk van elkaar, naar de waarnemingen wordt gekeken. Ook het gebruik van een combinatie van methodieken maakt een onderzoek meer valide.
- De leerlingen gaan hun plan voor het onderzoek opzetten. Als hulp kun je ze **lesitem 5** geven. De onderdelen en vragen die in dit document staan, bieden de leerling houvast om hun plan

op te zetten. Afhankelijk van jouw sturing kun je dit document helemaal doorspreken, of door de leerlingen zelf laten lezen of niet geven.

- Bespreek het volgende punt klassikaal: **Op welke manier gaan de leerlingen de plek in de natuur nabootsen?**

Indien er geen ideeën zijn, een suggestie: Wil je het strand nabootsen, dan kun je een bak of emmer met zand en zoutwater vullen. Wat voor zand heb je nodig? Hoe zout moet het water zijn? Kan dit kraanwater zijn? Etc.

2. Onderzoeksplan opzetten (vervolg)

De leerlingen hebben zeker twee lessen nodig om een goed plan op te zetten. Zie alle voorgaande punten van les 1 deel 2.

2a. GO of NO-GO

Aan het einde van les 2 of als huiswerk voor les 3 leveren de leerlingen een onderzoeksplan in. De leerlingen kunnen aan de slag als jij het plan hebt goedgekeurd. Als hulpmiddel voor het beoordelen kun je rubric op pagina 10 gebruiken.

2b. Reflectie na onderzoeksplan opzetten

Doel: Naast leren onderzoeken is het doel van deze lessenserie dat leerlingen een beeld krijgen of zij onderzoek doen leuk vinden en of een bètastudie bij hen past.

Door middel van reflectievragen kijken leerlingen naar hun eigen competenties en talenten en naar de kwaliteit van hun opgestelde product op dat moment. Ze reflecteren hoe ze zelf hebben gewerkt en hoe ze dat eventueel kunnen verbeteren. Ze beschrijven hun denk- en werkwijze, waardoor ze kunnen bepalen welke elementen ze tijdens een volgend onderzoek anders aan zouden willen pakken of hetzelfde zouden willen doen. Daarnaast is de reflectiefase ook bedoelt om te kijken of het werk van onderzoeker bij de leerling past.

De reflectievragen voor de leerlingen per onderdeel van het onderzoek vind je als bijlagen bij deze handleiding.

Als docent spoor je de leerlingen aan om de reflectievragen voor zichzelf in te vullen. Daarna kun je ze kort met de onderzoeksgroep bespreken. Wat ging er bij ieder groepje en individueel goed? En waar gaan ze de rest van het onderzoek aan werken?

Je kunt er als docent ook voor kiezen om deze fase anders in te steken. Wel is het goed voor de leerlingen om de vragen te maken, zodat ze meer inzicht in hun leerproces krijgen en hun interesses voor verdere studies. Meer informatie over onderzoek, beroepen en studies vinden de leerlingen op exactwatjezoekt.nl.

2c. Rubric beoordelen onderzoeksplan

CRITERIA	NO GO		GO	
	x Niet aanwezig	o Onvoldoende	v Voldoende	g Goed
Inleiding	Het probleem is niet geschetst. Het is niet duidelijk waarom het onderzoek uitgevoerd moet worden.	Er is een probleem geschetst, maar dit maakt de noodzaak van het onderzoek niet geheel duidelijk.	Het probleem en de noodzaak zijn geschetst, maar dit komt niet expliciet naar voren.	Het probleem is duidelijk beschreven. Het is duidelijk wat de noodzaak van het onderzoek is.
De opdracht	De onderzoeksopdracht vanuit Avantium wordt niet benoemd.	Het onderwerp van het onderzoek wordt kort benoemd.	De onderzoeksopdracht is duidelijk beschreven.	De onderzoeksopdracht is duidelijk beschreven en wordt door de leerlingen gerelateerd aan het probleem.
Onderzoeks-vraag	Er is geen onderzoeksvraag opgesteld.	De onderzoeks-vraag geeft niet duidelijk weer waar het onderzoek op gefocust is.	De onderzoeks-vraag geeft duidelijk weer waar het onderzoek op gefocust is.	De onderzoeks-vraag valt uiteen in deelvragen, geeft duidelijk weer waar de focus ligt van het onderzoek en is S.M.A.R.T. geformuleerd.
Hypothese	Er is geen hypothese opgesteld.	Er is een hypothese opgesteld, maar deze is niet onderbouwd.	Er is een hypothese opgesteld en is onderbouwd met theorie.	Er is een hypothese opgesteld en is onderbouwd met theorie waarin de afbraak van het gekozen materiaal wordt uitgelegd.
Materialen	Er is geen lijst met materialen aanwezig.	Er missen nog benodigde materialen in de lijst.	Materialenlijst is helemaal compleet, maar onduidelijk is welke materialen ze precies gebruiken.	Materialenlijst is compleet en er is duidelijk beschreven welke materialen er gebruikt worden.

3. Start onderzoek uitvoeren

Nadat hun onderzoeksplannen goedgekeurd zijn, kunnen de leerlingen starten met hun onderzoek.

3a. Meetopstellingen neerzetten

- Laat de leerlingen al hun benodigheden verzamelen, hun meetopstellingen neerzetten en de nulmeting doen.

3b. Uitvoeren onderzoek

- In de volgende twaalf weken kijken de leerlingen naar hun opstelling en schrijven hun waarnemingen op in het excelbestand.
- Optioneel kunnen de leerlingen aan het einde van de onderzoeksperiode hun materiaal nog wegen. Plan, indien gewenst, een moment hiervoor in.

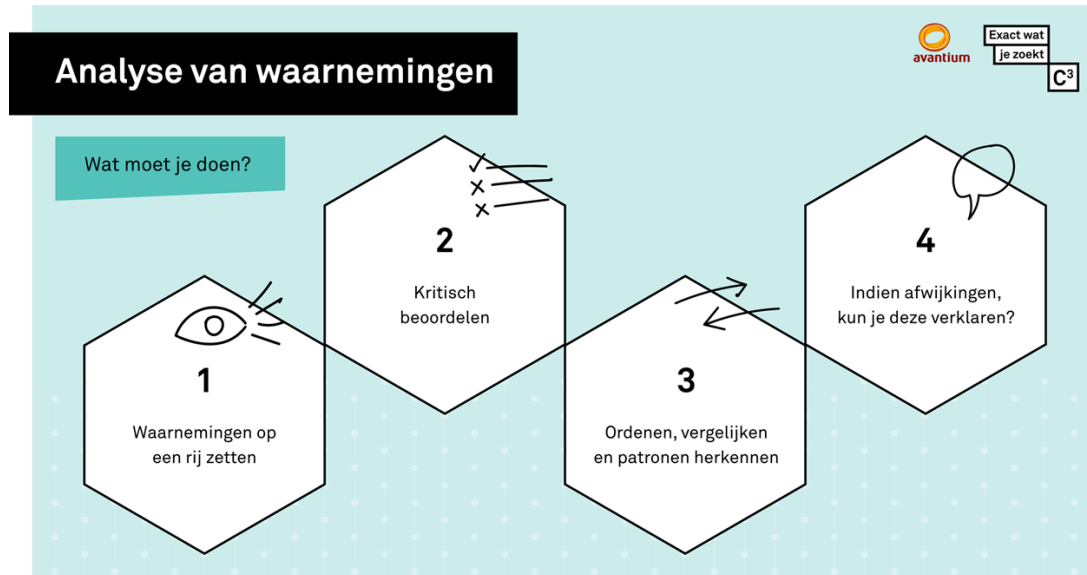
3c. Reflectie na het uitvoeren van het onderzoek

- Laat de leerlingen de reflectievragen beantwoorden. Dit kan als huiswerk.

4. Analyse van resultaten, conclusie en discussie

In deze les analyseren de leerlingen hun waarnemingen, trekken een conclusie op basis van hun waarneming en discussiëren over de conclusie.

- Bespreek met de leerlingen wat ze moeten doen met hun waarnemingen. Gebruik hiervoor **lesitem 6 – Analyse van waarnemingen**.



- Bespreek hoe de leerlingen naar hun waarnemingen kunnen kijken door ze kritisch te beoordelen en te vergelijken met elkaar. Als er afwijkingen zijn, bespreek dan hoe hiermee om te gaan.
- Laat de leerlingen hun eigen waarnemingen bekijken en beoordelen.
- Indien er groepjes zijn die hetzelfde materiaal en/of dezelfde plek in de natuur hebben, kunnen zij hun waarnemingen met elkaar vergelijken.

Nadat de leerlingen hun waarnemingen hebben geanalyseerd, moeten ze een conclusie trekken.

- Bespreek klassikaal met de leerlingen de vragen en zinnen op **lesitem 7 – Conclusie en discussie**.



5. Inleveren data bij Avantium

Afsluitend moeten de onderzoeksdata ingeleverd worden bij Avantium. Bespreek met de leerlingen de punten op **lesitem 8 – Rapporteren aan Avantium**.



- Geef de leerlingen de tijd om hun waarnemingen en foto's te ordenen en in te voeren in het excelbestand.
- De leerlingen leveren hun onderzoeksdata in het excelbestand en foto's in via de website www.avantium.com/scholenonderzoekbiodegradatie

5b. Reflectie

- Laat de leerlingen de reflectievragen beantwoorden. Dit kan als huiswerk.

Colofon

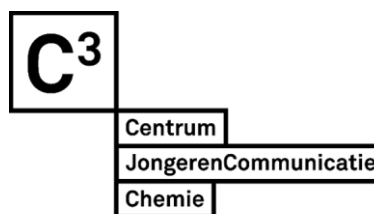
Uiteraard is door Centrum Jongeren Communicatie Chemie veel zorg aan deze handleiding besteed. Centrum Jongeren Communicatie Chemie aanvaardt echter geen aansprakelijkheid voor schade die eventueel is ontstaan bij het geven van de lessenserie 'Help Avantium – Onderzoek naar biodegradatie'.

Voor deze lesbrief van Centrum JongerenCommunicatie Chemie geldt een Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel 4.0 Internationaal licentie.

Zie creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

© Centrum JongerenCommunicatie Chemie,
November 2020

Deze docenthandleiding voor de lessenserie 'Help Avantium – Onderzoek naar biodegradatie' is een uitgave van:



Ontdek, ervaar, kies