

Social Scientific Issues (SSI) Lessen met 5E

Merel Sleddens
Kevin van Riel

Lessenserie ontworpen volgens de 5E Learning Cycle¹

Inhoudsopgave

Lesvoorbereidingsformulier les 1	2
Lesvoorbereidingsformulier les 2	10
Bronvermelding	14
Bijlage 1: Plastic Kaart.....	15
Bijlage 2: Opdracht Explore fase Les 1.....	17
Bijlage 3: Opdracht Elaborate fase Les 1	18
Bijlage 4: Meerkeuzevragen Evaluate fase Les 1	19
Bijlage 5: Powerpoint Les 1.....	21
Bijlage 6: Mentimeter Les 2	23
Bijlage 7: Powerpoint Les 2.....	28

¹ Toelichting op de gebruikte 5E Learning Cycle: <https://lesley.edu/article/empowering-students-the-5e-model-explained> en in de samenvatting van Bybee et al., 2006.

Lesvoorbereidingsformulier les 1

Algemeen

Klas: 5 havo	Lesuur: 50 min	Lokaal:	Datum:
Onderwerp: Het maken van plastics, van monomeer tot polymeer			

DOELEN: Wat en Waarom

Wat wil je dat je leerlingen leren over het onderwerp van deze les? Formuleer concrete leerdoelen: "Na de les kan de leerling ...".

Waarom is het belangrijk dat ze dit weten/kunnen? (relevantie van de leerstof m.b.t kerndoelen/eindtermen en betekenis voor leerlingen)

Leerdoelen

a. Kennis leerdoelen

- De leerling kan de betekenis van de begrippen polymeer en monomeer in eigen woorden uitleggen.
- De leerling kan een kenmerk noemen van polyadditie en een kenmerk noemen van polycondensatie.
- De leerling kan benoemen dat afkortingen zoals PE, PP, PS op plastic verpakkingen duiden op het materiaal waarvan de verpakking is gemaakt en kan deze afkortingen herkennen als polymeer.

b. Vaardigheid leerdoelen

- De leerling kan de structuurformule tekenen van een stukje uit het midden van een polymeer, bij een gegeven verkorte schrijfwijze (n-notatie) van de structuurformule van datzelfde polymeer.
- De leerling kan bij gegeven monomeren de reactievergelijking opstellen voor polyadditie of polycondensatie, in structuurformules.
- De leerling kan bij een gegeven structuurformule van een polymeer, de structuurformules tekenen van de monomeren waaruit dit polymeer is gevormd.
- De leerling kan aan de hand van een gegeven structuurformule van een polymeer of van monomeren, uitleggen of het gaat om polyadditie of polycondensatie.

Relevantie van de leerstof (kerndoelen/eindtermen en betekenis voor leerlingen)

- Syllabus centraal examen 2024 | scheikunde havo (CvTE, 2022): Sfeer 5 (Reacties), Subsfeer R1 (Chemische processen), Specificatie 11: 'De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking weergeven in molecuulformules en structuurformules:
 1. polymerisatie van alkenen en gesubstitueerde alkenen;
 2. polymerisatie tot polyesters en poly-amiden/polypeptiden'
- Syllabus centraal examen 2024 | scheikunde havo (CvTE, 2022): Sfeer 5 (Reacties), Subsfeer R2 (Classificatie van reacties), Specificatie 3: 'De kandidaat kan aan de hand van de

structuurformule van een (co)polymeer de structuurformule(s) van de/het monome(e)r(en) geven:

1. poly-additie;
2. polycondensatie;

- Bewustwording bij leerlingen van plastic verpakkingen en verschillende toepassingen van plastics en beeldvorming van de scheikundige achtergrond daarbij.
- Ervaren dat scheikundige kennis kan worden toegepast op wat leerlingen kennen uit de dagelijkse praktijk

LERENDEN: Mogelijkheden en beperkingen

Bestudeer het onderwerp van de les met betrekking tot: 1) noodzakelijke voorkennis, cognitieve en motorische vaardigheden en houding van de leerlingen, 2) mogelijk aanwezige alternatieve leerling denkbeelden. Wat vinden je leerlingen makkelijk en moeilijk aan het onderwerp van deze les? (baseer je verwachting op de antwoorden van 1 en 2)

Welke andere mogelijkheden en beperkende factoren in de beginsituatie (vb. klaslokaal, sfeer in de klas, groepsgerichtheid, zelfstandigheid, verschillen tussen leerlingen, je eigen kennis van het onderwerp, je ontwikkeling als docent) beïnvloeden je onderwijs over dit onderwerp?

Verwachte of aangenomen beginsituatie (voorkennis):

De leerling kan:

- van een gegeven structuurformule benoemen of dit een alkaan, een alkeen, een zuur, een alcohol, een amine, een ester of een amide is
- bij een gegeven structuurformule van een alkaan of alkeen met een of meerdere karakteristieke groepen de systematische naam geven en omgekeerd
- bij gegeven beginstoffen de reactievergelijking opstellen voor een additiereactie, in structuurformules
- bij gegeven beginstoffen de reactievergelijking opstellen voor een condensatiereactie, in structuurformules
- bij een gegeven beginstof de reactievergelijking opstellen voor een hydrolysereactie, in structuurformules

Overige aandachtspunten m.b.t. beginsituatie (leerling kenmerken en contextfactoren):

- Leerlingen hebben de voorkennisopdrachten met bijbehorende reflectie gemaakt
- Leerlingen gebruiken o.a. het boek 'Nova scheikunde 5 havo – deel A' (Kwakernaat et al.) als materiaal
- In het lokaal is een smartboard beschikbaar

Onderwijsaanpak

Welke van de 5E fasen komen in deze les aan bod? Wat zijn de verbanden en wisselwerkingen tussen deze fasen onderling en de fasen die in andere lessen aan bod komen?

In deze les komen alle 5E fasen aan bod. Er is gekozen om alle fasen terug te laten komen in beide lessen, omdat de lessen in principe ook los van elkaar gegeven kunnen worden. Door in de 2 lessen alle fasen te doorlopen, zullen beide onderwerpen voldoende geïntroduceerd en afgesloten worden.

Er bestaat een duidelijk verband en er is een duidelijke wisselwerking tussen de fasen onderling. Zo krijgen de leerlingen in de Engage fase verschillende plastics te zien, waarvan zij er per groepje één kiezen voor de opdracht in de Explore fase. De 'Plastic Kaart' (overzicht van de verschillende plastics) krijgen de leerlingen voor het eerst te zien in de Engage fase en wordt ook nog in de eerste Explore fase gebruikt en in de Elaborate fase van les 2. De antwoorden van de opdracht uit de Explore fase worden vervolgens als input gebruikt voor de Explain fase. Leerlingen schrijven een antwoord op het smartboard, waarna de docent de uitleg samenvat en een korte extra toelichting geeft. In de Elaborate fase gaan leerlingen zelf aan de slag met het vinden van reactieproducten en beginstoffen voor de reacties die in de Explain fase aan bod komen. De Evaluate fase toetst het behalen van de leerdoelen zoals die aan het begin van de les in leerlingentaal met de leerlingen zijn gedeeld.

Deze les kent niet alleen verbanden en wisselwerkingen tussen de verschillende fasen onderling, maar ook met de volgende les van de lessenserie. Deze 'helicopterview' presenteert de docent aan het begin van de eerste les richting de leerlingen aan de hand van de life cycle van het waterflesje. Hier geeft de docent aan op welk deel de focus in de eerste les en in de daaropvolgende les zal liggen: eerst productie (rechtsonder) en vervolgens afwegingen die je als consument maakt over de cycle als geheel (waar het rode vraagteken staat).

In de opdracht van de Explore fase van deze les vergelijken leerlingen een fossiel plastic met een bioplastic. Bij het uitleggen en toepassen van de uitgangspunten van de groene chemie in de tweede les wordt hiermee een koppeling gelegd door middel van groene chemie uitgangspunt 7. Dit betreft de Explain en de Elaborate fase van de tweede les.

Beschrijf per fase de aanpak (vb, didactische werkvormen, onderwijsleermiddelen, verbale/visuele stimuli, representaties, lesmaterialen, groepsindeling, lokaalopstelling)

Fase	Tijd	Activiteit (docent en leerling)
Engage	6 min	<p>Leerlingen maken als voorbereiding op deze les opdracht 3 en 4 van de voorkennisparagraaf van hoofdstuk 9 in 'Nova scheikunde 5 havo – deel A' en reflecteren op de bijbehorende leerdoelen. De bijbehorende leerdoelen zijn aan bod gekomen in 4 havo (gebaseerd op de inhoud van 'Nova scheikunde 4 havo – deel A') en deze zijn voor de leerlingen van belang om de Explore fase goed te kunnen doorlopen. Gezien er vrij lange tijd overheen is gegaan, kiezen we ervoor de leerlingen deze voorkennis vooraf te laten maken. In de Engage fase tijdens de les wordt ook aangesloten op voorkennis en wordt de voorkennis gecontroleerd, bijvoorbeeld door leerlingen de opdracht te geven de structuurformule van etheen te tekenen.</p> <p>De Engage fase start wanneer de leerlingen het lokaal binnenkomen en zij de Plastic Kaart (zie bijlage 1) op hun tafel zien liggen. Ook staat de afbeelding van de life cycle van het waterflesje op het smartboard. Deze materialen kunnen nieuwsgierigheid opwekken bij leerlingen naar het onderwerp van de les.</p>

		<p>De docent start de les klassikaal door open vragen te stellen over de life cycle: Wie heeft er een waterflesje bij zich? Wat zien we op de afbeelding? In hoeverre is het handig dat alles in plastic zit? Stel je maakt een keuze tussen kraanwater en flessenwater, waar kun je dan allemaal rekening mee houden? Dit wordt door de docent geïntroduceerd als onderwerp voor de komende lessen, waarbij focus voor de verschillende lessen wordt benoemd. Voorkennis wordt gecontroleerd door leerlingen te vragen naar de betekenis van het recycling symbool.</p> <p>Ditzelfde recycling symbool staat ook op de verpakkingen die de docent heeft meegebracht: verschillende verpakkingen uit de supermarkt. De docent laat deze zien en toont het symbool op het smartboard en vraagt leerlingen met de Plastic Kaart (bijlage 1) op te zoeken waar de afkorting PE voor staat. Via polyetheen legt de docent de koppeling met etheen (voorkennis).</p> <p>Leerlingen krijgen kort de tijd om de structuurformule van etheen te tekenen. Docent stelt na afloop vragen om antwoord te controleren en laat vervolgens model zien van etheen met molecuulbouwdoos. Op smartboard laat de docent de structuurformules van etheen en van polyetheen zien en legt uit dat poly 'veel' betekent, een herhaling, net als spaghetti, met golfjes, en noteert het polymeer in verkorte notatie (n-notatie). Vervolgens geeft de docent de lesplanning aan met leerdoelen in leerlingentaal.</p>
Explore	21 min	<p>Korte instructie over de Explore opdracht. Leerlingen werken in groepjes van vier en maken binnen het groepje een tweetal. Leerlingen kiezen een van de plastics uit die de docent heeft uitgesteld, waaronder in elk geval het bioplastic.</p> <p>Het ene tweetal beantwoordt de vragen over het zelf gekozen plastic (fossiel additiepolymeer) en het andere tweetal over het bioplastic (condensatiepolymeer). Vervolgens vergelijken de leerlingen samen met name de reactievergelijkingen.</p> <p>De opdracht (zie bijlage 2) wordt uitgedeeld. De Plastic Kaart (bijlage 1) is hierbij nodig en hebben de leerlingen al op hun tafel liggen. Tijdens het werken aan de opdracht komt op het smartboard opnieuw het voorbeeld van polyetheen te staan.</p> <p>Docent loopt rond en ondersteunt leerlingen bij de Explore opdracht waar nodig. Tevens mogelijkheid voor de docent om zicht te krijgen op het beheersen van de voorkennis en het leerproces van de leerlingen.</p> <p>Leerlingen die op tijd klaar zijn wordt gevraagd om een reactievergelijking op het smartboard te noteren. Docent kiest specifiek een leerling die heeft gewerkt aan polypropeen en een andere leerling uit willekeurig groepje voor reactievergelijking van polymelkzuur.</p>

Explain	7 min	<p>Docent vraagt leerlingen om toelichting op wat er is getekend en stelt aan willekeurige leerlingen evaluerende vragen over de aanpak van de reactievergelijkingen. Leerlingen geven een toelichting op de aanpak.</p> <p>Docent benoemt / verbetert aanpak / tip om enkel dubbele binding (polyadditie) of beide reagerende karakteristieke groepen (polycondensatie) horizontaal te tekenen. Docent checkt vervolgens begrip van vraag 6 van de Explore opdracht door open vragen te stellen aan willekeurige leerlingen: Waarom zouden we dit polyadditie / polycondensatie noemen? Welke kenmerken van additie / condensatie zien we hier? Zo koppelt de docent de nieuwe begrippen aan de voorkennis over additie- en condensatiereacties.</p> <p>Check vragen van docent aan willekeurige leerlingen: waar zien we het monomeer? Waar zien we het polymeer? Hoe herken je aan het monomeer of je te maken hebt met polyadditie? En met polycondensatie? En hoe zie je dat bij het polymeer? Deze kenmerken duidelijk klassikaal benoemen (de docent herhaalt de kenmerken die leerlingen inbrengen hardop en voegt indien nodig kenmerken toe).</p> <p>Vervolgens noteren reactievergelijkingen in verkorte schrijfwijze. Leerlingen hier om aanwijzingen vragen, waarmee de docent direct ook kan monitoren.</p>
Elaborate	16 min	<p>Korte instructie over de Elaborate opdracht. Leerlingen werken in hetzelfde groepje als in de Explore opdracht. Het toepassen betreft in feite het opstellen van reactievergelijkingen, gezien er wordt gevraagd om structuurformules van polymeren bij die van monomeren en andersom. Er is bewust gekozen voor examenopgaven gezien de leerlingen in 5 havo zitten en zij naar verwachting gefocust zijn op het naderende examen. De volgende examenopgaven zijn verwerkt in de opdracht (zie bijlage 3):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MMA, opgave 28, uit examen 2014 tijdvak 1² 2. MMA, opgave 23, uit examen 2014 pilot tijdvak 1³ 3. Afval van PET, opgave 6, uit examen 2023 tijdvak 2⁴ <p>De toepassing sluit aan op de uitleg in de Explain fase, maar is in essentie nieuw voor de leerlingen. De werkvorm 'doorgeefopdracht' past daar goed bij, gezien zij daarmee op verschillende manieren (kritisch) naar dezelfde opdracht kijken. Het telkens doorgeven kan tevens bijdragen aan het gevoel van lichte tijdsdruk (leerlingen houden elkaar aan het werk).</p> <p>Elke leerling maakt dezelfde opgave (de twee oneven opgaven oftewel de bovenstaande examenopgaven), geeft het papier door, checkt wat een andere leerling heeft gemaakt en krijgt feedback van een groepsgenoot op het eigen werk. Vervolgens geven de leerlingen het papier weer door voor de tweede examenopgave, etc.. Het interactieve van deze werkvorm (elkaars werk tussendoor bespreken) maakt voor de docent ook zichtbaar waar eventueel nog</p>

² <https://newsroom.nvon.nl/files/default/skh141vb.pdf>

³ <https://newsroom.nvon.nl/files/default/skhpt141vb.pdf>

⁴ <https://www.examenblad.nl/system/files/2023/ex2023/HA-1028-a-23-2-o.pdf>

		<p>problemen optreden wat betreft de leerdoelen van deze les. Dit geldt tevens voor het bespreken van vragen binnen het groepje achteraf.</p> <p>De opdracht en werkvorm zetten leerlingen aan tot leeractiviteiten op het verwerkingsniveau toepassen zoals gedefinieerd volgens de herziene taxonomie van Bloom (Krathwohl, 2002). De leeractiviteiten sluiten inhoudelijk aan op de leerdoelen en dus ook wat betreft het daarin opgenomen handelingswerkwoord, waarmee sprake is van constructive alignment (Biggs, 2014).</p>
Evalueate	-	<p>De fase Evaluate komt terug in het huiswerk voor de volgende les. Specifiek is gekozen voor drie diagnostische meerkeuzevragen aansluitend op de leerdoelen van de eerste les, afgenomen via Google Forms. Het afnemen via Google Forms stelt de docent in staat om snel overzicht te krijgen over de scores van de verschillende leerlingen en geeft de leerlingen tussendoor feedback en suggesties voor verbeteringen. Door de meerkeuzevragen af te stemmen op de leerdoelen wat betreft de leerinhoud en het verwerkingsniveau, is er ook in deze fase (Evaluate) sprake van constructive alignment (Biggs, 2014).</p>

Onderbouw je keuzes en leg uit hoe je aanpak het realiseren van de leerdoelen ondersteunt en hoe je tegemoet aan de mogelijkheden en beperkingen van de beginsituatie.

Deels is deze onderbouwing van de aanpak opgenomen in bovenstaande tabel:

- Leerlingen maken ter voorbereiding vooraf een aantal opdrachten van de voorkennis en de bijbehorende reflectie, gezien deze leerinhoud uitgaande van de indeling van Nova scheikunde 4 havo redelijk lang van tevoren behandeld is. Deze voorkennis dient eerst weer geactiveerd te worden, wat deels ook kan gebeuren tijdens de Engage en Explore fase van de les maar waar we om deze reden ook tijd voor willen vrijmaken als voorbereiding op de les.
- Het principe van polyadditie berust op een additiereactie en het principe van polycondensatie berust op een condensatiereactie. Dat leerlingen vanuit havo 4 al over enige voorkennis beschikken van deze reactietypen en destijds in staat waren deze op te stellen, biedt mogelijkheden om leerlingen de vergelijkbare reacties van polyadditie en polycondensatie in een Explore opdracht zelf te laten ontdekken en met hun antwoorden input te leveren voor de Explain fase.
- Er is gekozen om te werken met een uitgedeeld overzicht van plastics (plastic kaart) omdat dit de leerlingen structuur kan bieden en kan helpen om te concretiseren, terwijl zij op deze manier bijvoorbeeld nog steeds zelf kennis kunnen construeren (tot ontdekkingen kunnen komen) in de Explore fase. Het is een hulpmiddel en geen hapklare brok kennis die wordt aangeboden.
- De koppeling met de symbolen op de plastic verpakkingen kan het voor leerlingen makkelijker maken om de nieuwe leerinhoud te relateren aan de dagelijkse praktijk, wat het leren voor hen betekenisvoller maakt. Dit geldt ook voor de afbeelding (life cycle) van het waterflesje, dat in feite ook een plastic verpakking is.

- Voor de Explore opdracht wordt het groepje verdeeld in tweetallen, waarna leerlingen hun antwoorden vergelijken. Dit neigt meer naar simpele vorm van een expertles. Het verdelen van het werk binnen het groepje maakt het mogelijk om binnen één groepje zowel polyadditie als polycondensatie te bestuderen (en zowel fossiel plastic als bioplastic). Juist vanwege de verschillen tussen beide plastics wordt het achteraf vergelijken (groepsdiscussie binnen het groepje) ook zinvol, gezien die verschillen (zoals kenmerken van de reactievergelijkingen) direct aansluiten op de leerdoelen van deze les. Tevens geeft de groepsdiscussie de docent mogelijkheden om de leerresultaten van de Explore fase goed te monitoren.
- Het vooraf benoemen dat een willekeurige leerling gevraagd zal worden de reactievergelijking op het smartboard te zetten, draagt bij aan een volledige en betekenisvollere instructie op de zelfwerkzaamheid. Van Ast et al. (2019) benoemen het 'wat er met de uitkomst gebeurt' als onderdeel van een volledige instructie, hetgeen kan helpen leerlingen meer te activeren.
- Het toepassen dat de leerlingen tijdens de Elaborate fase uitvoeren, sluit goed aan op de 'vaardigheid' leerdoelen; ook zijn leeractiviteiten afgestemd op het verwerkingsniveau van de leerdoelen (zie tabel). De werkvorm activeert leerlingen door de flow die erin zit en laat hen tegelijk kritisch met de toepassing aan de slag gaan door elkaars werk te evalueren. Voor de docent maakt deze werkvorm leerresultaten zichtbaar, gezien leerlingen hardop elkaars werk bespreken (zie tabel).
- Voor de Elaborate fase is gekozen voor examenopdrachten gezien de verwachting dat leerlingen (5 havo) al gericht zijn op het eindexamen. Dit kan het toepassen betekenisvoller maken voor de leerlingen.
- Er is gekozen om de Evaluate fase als huiswerk op te geven. Zo blijft er meer kostbare tijd over in de les voor de fasen waarin de docent nuttigere ondersteuning verwacht te kunnen geven aan het leerproces. Door te werken met meerkeuzevragen in Google Forms kan de docent relatief snel evalueren in hoeverre bepaalde leerdoelen zijn behaald en welke leerlingen nog problemen ervaren. Tevens kan de docent – ook al betreft het huiswerk – eenvoudig zien welke leerlingen de opdracht van de Evaluate fase wel/niet hebben gemaakt. Een meerwaarde van Google Forms is dat het leerlingen feedback kan geven op basis van het antwoord.

Toetsen

Hoe kom je (tijdens de les) achter het leerresultaat (begrip of verwarring van je leerlingen) m.b.t. de leerdoelen?

Denk aan beoordeling van de kennis en vaardigheid leerdoelen.

Tijdens de Explain fase (na afloop van de betreffende uitleg) stelt de docent willekeurige leerlingen open vragen gericht op de leerdoelen (zie de tabel). Dit kan worden gezien als een soort Check fase uit het lesmodel Directe Instructie (Van Ast et al., 2019). Ook het resultaat van de Explore opdracht wordt tijdens de Explain fase op deze manier gecheckt en daarnaast geeft het voor de docent een beeld hoe leerlingen de reactievergelijkingen op het smartboard in structuurformules hebben genoteerd.

De werkvormen in de opdrachten van de Explore en de Elaborate fase maken het voor de docent ook mogelijk zicht te krijgen op het leerresultaat. In de Explore opdracht bespreken de tweetallen na afloop hun reactievergelijking hardop en vergelijken de kenmerken daarvan. In de Elaborate opdracht

geven leerlingen tussentijds feedback op elkaars werk, dat leeractiviteiten uit de leerdoelen betreft. De docent loopt rond tijdens deze fasen van de les en kan door goed te luisteren leerresultaten inzichtelijk krijgen.

In de Evaluate fase wordt het behalen van bepaalde leerdoelen gecheckt voor zover dat met meerkeuzevragen mogelijk is. Er worden zowel kennis als vaardigheid leerdoelen getoetst: kenmerken noemen, bij een gegeven polymeer uitleggen of het om polyadditie of polycondensatie gaat, monomeren tekenen waaruit het polymeer is gevormd). De meerkeuzevragen toetsen andere vaardigheid leerdoelen ook deels: de gevraagde kenmerken zijn bijvoorbeeld nodig voor het goed kunnen opstellen van een reactievergelijking. Het opstellen van de reactievergelijking kan niet eenvoudig met meerkeuzevragen getoetst worden. Wel wordt het behalen van dit leerdoel tijdens de les (Explore, Explain en Elaborate fase) gecheckt zoals hierboven beschreven.

Lesvoorbereidingsformulier les 2

Algemeen

Klas: 5 havo	Lesuur: 50 min	Lokaal: theorielokaal	Datum:
Onderwerp: Meningen over plastic			

DOELEN: Wat en Waarom

Wat wil je dat je leerlingen leren over het onderwerp van deze les? Formuleer concrete leerdoelen: "Na de les kan de leerling ...".

Waarom is het belangrijk dat ze dit weten/kunnen? (relevantie van de leerstof m.b.t kerndoelen/eindtermen en betekenis voor leerlingen)

Leerdoelen

Kennis leerdoelen

- De leerlingen kunnen de groene chemie uitgangspunten vinden in de BiNaS, en uitleg geven bij punten 1, 2, 4,7, en 10.

Vaardigheid leerdoelen

- De leerlingen kunnen aan het einde van de les hun eigen, overwogen, mening vormen over plastic en dit ook beargumenteren.
- De leerlingen kunnen de betrouwbaarheid van bronnen beargumenteren aan de hand van deskundigheid van het geïnterviewde persoon en waar het artikel vandaan komt.
- De leerlingen kunnen bij het bespreken van positieve en negatieve factoren van de productie en het gebruik van plastic terugverwijzen naar groene chemie uitgangspunten 1, 2, 4, 7, en 10.

Relevantie van de leerstof (kerndoelen/eindtermen en betekenis voor leerlingen)

- Als leerlingen hun eigen mening kunnen vormen over plastic, kunnen ze zelf ook bepalen wat voor verpakkingen ze uitzoeken in de supermarkt of wat ze doen met plastic afval als ze onderweg zijn.
- Leerlingen zullen bij het profielwerkstuk of bij hun vervolgstudie vaker bronnen moeten beoordelen op betrouwbaarheid, al dan niet impliciet, om een keuze te kunnen maken of deze bron van voldoende kwaliteit is om te gebruiken.
- Syllabus centraal examen 2024 | scheikunde havo (CvTE, 2022): Sfeer 7 (Technologie & Duurzaamheid), Subsfeer T1 (Industriële Processen en Groene Chemie): 'De kandidaat kan gegeven industriële processen beschrijven in blokschema's, rendementsberekeningen maken, en aangeven hoe aspecten van groene chemie bij het ontwerp van het proces een rol spelen.'

LERENDEN: Mogelijkheden en beperkingen

Bestudeer het onderwerp van de les met betrekking tot: 1) noodzakelijke voorkennis, cognitieve en motorische vaardigheden en houding van de leerlingen, 2) mogelijk aanwezige alternatieve leerling denkbeelden. Wat vinden je leerlingen makkelijk en moeilijk aan het onderwerp van deze les? (baseer

je verwachting op de antwoorden van 1 en 2)

Welke andere mogelijkheden en beperkende factoren in de beginsituatie (vb. klaslokaal, sfeer in de klas, groepsgerichtheid, zelfstandigheid, verschillen tussen leerlingen, je eigen kennis van het onderwerp, je ontwikkeling als docent) beïnvloeden je onderwijs over dit onderwerp?

Aandachtspunten m.b.t. beginsituatie (leerling kenmerken en contextfactoren):

- Leerlingen weten dat plastic veel gebruikt wordt
- Leerlingen weten dat plastic regelmatig in negatieve context geplaatst wordt als het gaat om vervuiling.
- Afhankelijk van de school is de betrouwbaarheid van bronnen al besproken. Afhankelijk hiervan kan de docent de vragen over betrouwbaarheid aanpassen.

Onderwijsaanpak

Welke van de 5E fasen komen in deze les aan bod? Wat zijn de verbanden en wisselwerkingen tussen deze fasen onderling en de fasen die in andere lessen aan bod komen?

Zoals beschreven bij de vorige les, komen alle fasen aan bod in deze les. In de les worden duidelijk de stellingen benoemd tijdens Engage opnieuw gebruikt bij Evaluate. De artikelen die de leerlingen tijdens Explore moeten lezen, zijn specifiek gekozen omdat ze duidelijk de voor- en nadelen van plastic laten zien. Om nog een klein stukje dieper in wegwerp plastic te duiken, zullen 4 groene chemie uitgangspunten behandeld worden tijdens Explain. Bij de Evaluate-fase komt het beoordelen van bronnen ook nog duidelijk naar voren, zoals besproken is tijdens Explore.

Beschrijf per fase de aanpak (vb, didactische werkvormen, onderwijsleermiddelen, verbale/visuele stimuli, representaties, lesmaterialen, groepsindeling, lokaalopstelling)

Fase	Tijd	Activiteit
Engage	8 minuten (thuis)	De leerlingen kijken thuis een filmpje van NOS op 3 ⁵ . In dit filmpje worden duidelijk de voor- en nadelen van plastic benoemd. Niet alle leerlingen zullen hier even aandachtig naar kijken, maar de artikelen die tijdens de les behandeld worden zullen over hetzelfde onderwerp gaan.
	8 minuten (les)	De leerlingen geven tijdens de les hun mening (eens/oneens) op stellingen via Mentimeter ⁶ . De docent geeft achtergrond uitleg bij een aantal van deze stellingen.
Explore	8 minuten	De leerlingen lezen individueel tijdens de les 1 van de 2 artikelen, van NEMO Kennislink ⁷ (een verkorte variant) of Veolia ⁸ . De docent verdeelt de artikelen over de leerlingen.
	12 minuten	De leerlingen gaan in groepjes van 4, de artikelen bespreken. Elk groepje bestaat uit 2 leerlingen die het artikel van NEMO Kennislink hebben gelezen, en 2 leerlingen die het artikel van Veolia hebben gelezen. Hierbij moeten ze uit beide artikelen een voor- en nadeel geven van het gebruik van plastic, en vragen beantwoorden over de betrouwbaarheid van de bronnen. Hiervoor kunnen ze hun laptop

⁵ https://www.youtube.com/watch?v=EFfyZ8cGpIA&ab_channel=NOSop3

⁶ <https://www.mentimeter.com/app/presentation/alu5o2d6thca5ee3r94k3nk1nm2escgc/first/edit>

⁷ <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/plastic-van-wondermateriaal-naar-ellendige-rotzooi/>

⁸ <https://www.veolia.nl/nl/nieuws/kwestie-plastic-hebben-juist-heel-erg-nodig>

		gebruiken. De docent loopt rond om de discussie op gang te krijgen.
Explain	7 minuten	De docent geeft uitleg over de groene chemie uitgangspunten 1, 2, 4, 7, en 10.
Elaborate	15 minuten	Leerlingen gaan in duo's vragen beantwoorden over 1 bepaald soort plastic. Deze plastics zijn anders dan die besproken zijn in les 1, zodat de leerlingen verschillende soorten plastics zien. Dit kunnen plastics zijn van de plastic kaart zoals in bijlage 1. De vragen zullen terugslaan op de groene chemie uitgangspunten. De docent loopt rond om te kijken hoe de leerlingen het doen en om eventuele vragen te beantwoorden.
Evaluate	30 minuten (thuis)	De leerlingen doen dit als huiswerk. Ze kiezen 1 stelling uit die aan het begin van de les aan bod zijn gekomen, en gaan hun mening onderbouwen op basis van de groene chemie uitgangspunten en minimaal 1 nieuwe bron (van het internet). Ze moeten bij deze bron ook nog uitleg geven waarom deze betrouwbaar is. De onderbouwing van hun mening moet minimaal bestaan uit 200 woorden. Deze onderbouwing bevat niet de verantwoording van de bron.

Onderbouw je keuzes en leg uit hoe je aanpak het realiseren van de leerdoelen ondersteunt en hoe je tegemoet aan de mogelijkheden en beperkingen van de beginsituatie.

- Er is gekozen dat de leerlingen het filmpje van NOS op 3 thuis kijken, omdat dit tijd scheelt in de les. Het filmpje is maar 8 minuten en uitgelegd op het niveau van de leerlingen.
- Om de docent en de leerlingen een beter overzicht te geven van de verschillende meningen, is ervoor gekozen om een Mentimeter quiz te doen. Om extra uitleg te geven bij bijna alle stellingen, wordt dit kort aangegeven in Mentimeter. De leerlingen kunnen op deze manier ook beter zien hoe de meningen verdeeld zijn dan als er ze handen op moeten steken. Het is op deze manier ook makkelijker voor leerlingen om hun mening te geven al het een minder populaire mening is, omdat Mentimeter iets meer anonimiteit biedt.
- Er is gekozen voor de artikelen van NEMO Kennislink en Veolia, aangezien de bronnen van de artikelen en het geïnterviewde persoon verschillen in aanzien. De artikelen hebben echter wel beide dezelfde hoofdgedachte.
- Er is voor groene chemie uitgangspunten 1, 2, 4,, 7, en 10 gekozen, omdat deze het beste aansluiten op de plastics. Aangezien het hoofdstuk over de groene chemie meestal aan het einde van de 5^e klas wordt gegeven, is er bewust voor gekozen om niet alle uitgangspunten te behandelen.
- Om de leerling in rust te laten werken, is ervoor gekozen om de evaluate-opdracht te geven als huiswerk. De docent kan de opdracht nakijken, en zien of leerlingen de groene chemie uitgangspunten hebben begrepen, en of het lukt om hun eigen mening te vormen. Het nakijken zal er ook toe leiden dat de leerlingen de opdracht serieus maken, in plaats van dat er maar 5 minuten naar gekeken wordt door de leerling.

Toetsen

Hoe kom je (tijdens de les) achter het leerresultaat (begrip of verwarring van je leerlingen) m.b.t. de leerdoelen?

- Als leerlingen bezig zijn met het maken van opdrachten of discussiëren loopt de docent rond, zodat hij gesprekken kan volgen of vragen kan stellen. Hierdoor zal de docent een goed idee krijgen van het leerresultaat.

*Denk aan beoordeling van de **kennis** en **vaardigheid** leerdoelen.*

Bronvermelding

Biggs, J., 2014. Constructive alignment in university teaching. HERDSA Review of Higher Education Vol. 1, 5-22.

Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. en Landes, N., 2006. The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications. Executive Summary. Van <https://bscs.org>.

CvTE, 2022. Scheikunde havo | syllabus centraal examen 2024. Te vinden op www.examenblad.nl.

Kwakernaat, L., Lodewijks, T., Schouten, J., Van der Waal, M., Windmeijer, M. en Zoon, B., 2016. Nova scheikunde 5 havo – deel A: Leeropdrachtenboek Release 3.0. Malmberg. ISBN 978-94-020-7780-3.

Krathwohl, D.R., 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory into Practice 41(4), 212-218.

Van Ast, M., De Loor, O. en Spijkerboer, L., 2019. Effectief leren. De docent als regisseur (Vijfde druk). Noordhoff Uitgevers. ISBN 978-90-01-89652-2.

Bijlage 1: Plastic Kaart

Verschillende Plastics

Additiepolymeren			
PE	Polyetheen	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	
PP	Polypropeen	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	
PS	Polystyreen	$\left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	
PVC	Polyvinylchloride	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	
PVA	Polyvinylacetaat	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{O}=\text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \end{array} \right]_n$	

Polyesters			
PET	Polyethen-tereftalaat	$\left[\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n$	
PBS	Polybuteen-succinaat	$\left[\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \right]_n$	
PLA	Polymelkzuur	$\left[\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(=\text{O})-\text{O} \right]_n$	
PBAT	Polybuteen-adipaattereftalaat	$\left[\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \right]_m \left[\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \right]_n$	
Polyamiden			
PA66	Nylon-6,6	$\left[\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH} \right]_n$	

Bijlage 2: Opdracht Explore fase Les 1

Werk binnen je groepje in tweetallen.

Het ene tweetal beantwoordt de vragen voor het zelf gekozen plastic Het andere tweetal beantwoordt dezelfde vragen voor het bioplastic.

1. Ga op zoek naar het symbool (driehoekje) en onderzoek van welk type plastic dit voorwerp is gemaakt. Gebruik het overzicht van de verschillende plastics en geef de volledige naam van het polymeer.

2. Noem twee andere toepassingen van dit polymeer.

In het overzicht van de verschillende plastics staat de structuurformule van het polymeer in verkorte schrijfwijze.

3. Teken de volledige structuurformule van een fragment uit het midden van het polymeer. Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan (sluit aan beide kanten af met een golfje).

4. Geef de naam en de structuurformule van het monomeer dat wordt gebruikt als grondstof bij de productie van dit polymeer. Gebruik eventueel de BiNaS.

5. Geef de reactievergelijking in structuurformules van de bereiding van het polymeer uit het monomeer. Noteer links van de pijl drie keer het monomeer in structuurformule en rechts van de pijl (onder andere) het fragment dat je bij de derde opgave hebt getekend.

6. Leg uit of deze reactievergelijking een voorbeeld is van polyadditie of van polycondensatie.

Controleer met je gehele groepje de reactievergelijkingen (opdracht 5) en bespreek de verschillen tussen het zelf gekozen plastic en het bioplastic.

Bijlage 3: Opdracht Elaborate fase Les 1

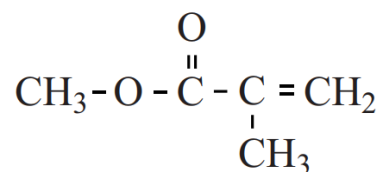
Toelichting:

In de even opgaven van deze opdracht kijk je telkens naar het werk van degene links van je. Bedenk eerst commentaar en bespreek dit in twee rondes, op willekeurige volgorde:

- Bespreek je commentaar met degene links van je.
- Luister naar het commentaar van degene rechts van je.

Breng eventueel samen verbeteringen aan.

Methylmethacrylaat (MMA) is een ontvlambare, kleurloze vloeistof. Het wordt op grote schaal geproduceerd voor het maken van polymethylmethacrylaat (PMMA, plexiglas). Hieronder staat de structuurformule van MMA.



De polymerisatie van MMA tot PMMA is gebaseerd op additie.

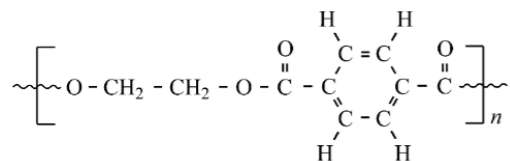
1. a.) Leg uit dat uit de structuurformule van MMA kan worden afgeleid dat MMA via additie kan polymeriseren tot PMMA.
b.) Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van het polymeer PMMA. Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan.

Geef het papier door aan degene rechts van je.

2. Controleer de antwoorden bij opgave 1.
Bespreek je commentaar in twee rondes en breng eventueel verbeteringen aan.

Geef het papier door aan degene rechts van je.

PET (polyetheentereftalaat) is een polyester, die onder meer wordt gebruikt voor het maken van PET-flessen. Hieronder is de structuurformule van PET weergegeven.



PET kan worden gevormd uit ethaan-1,2-diol en één ander monomeer.

3. Geef de structuurformule van dit andere monomeer.

Geef het papier door aan degene rechts van je.

4. Controleer de structuurformule bij opgave 3.

Bespreek je commentaar in twee rondes en breng eventueel verbeteringen aan.

Bijlage 4: Meerkeuzevragen Evaluate fase Les 1

Weergave uit Google Forms. Het correctiemodel laat de leerling na constatering van een fout antwoord het juiste antwoord zien met korte feedback.

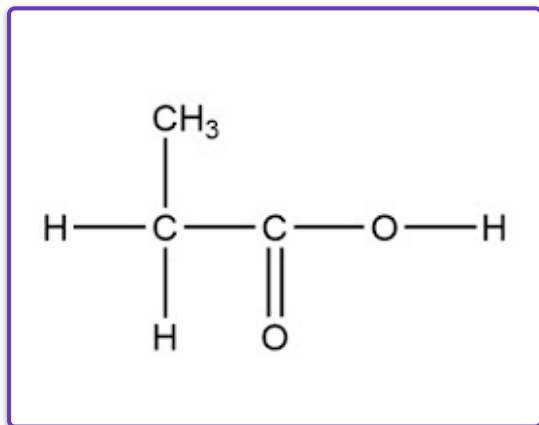
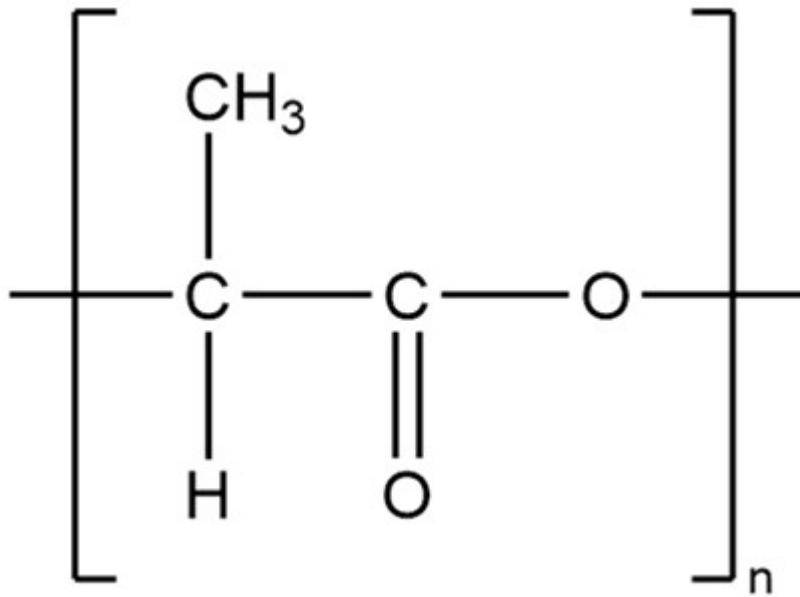
Het maken van plastics

Naam: *

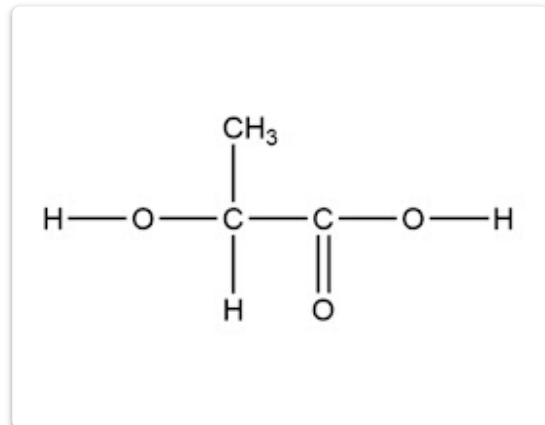
Merel



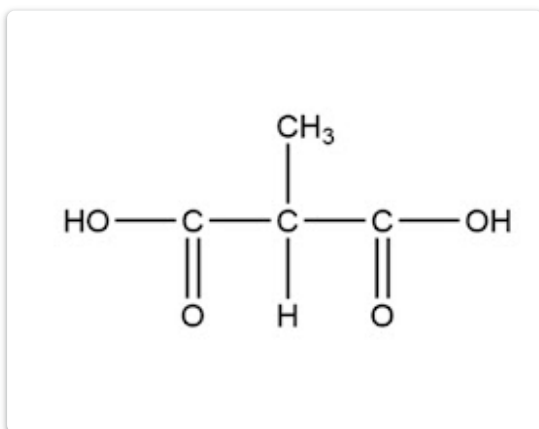
Wat is het monomeer van dit polymeer? *



A



B



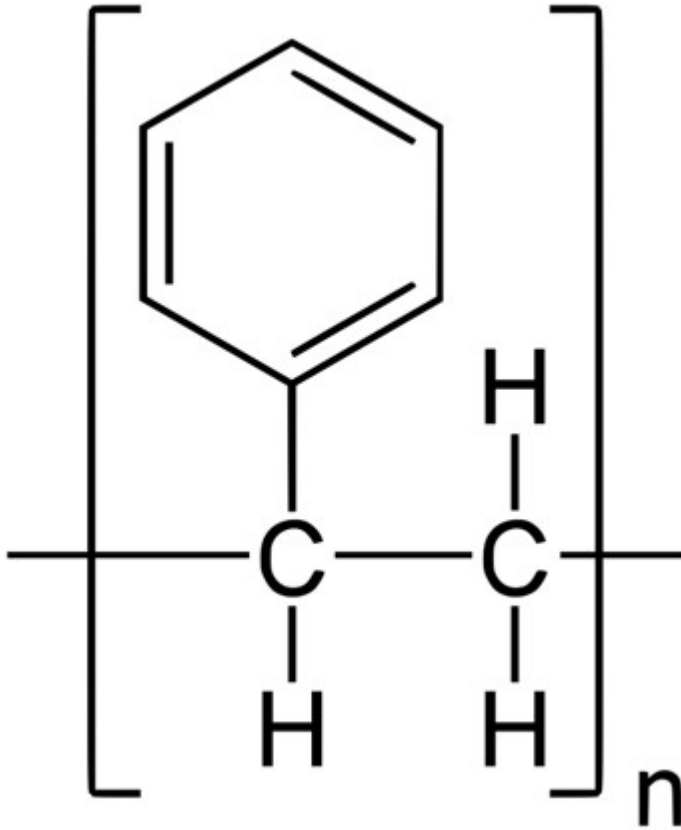
C



Feedback

Om de estergroep te maken, is een zuurgroep en een alcoholgroep nodig.

Wat voor groepen heb je nodig om PS te maken? *



- A. Dubbele binding
- B. Een zuurgroep & alcoholgroep
- C. Een aminegroep & zuurgroep

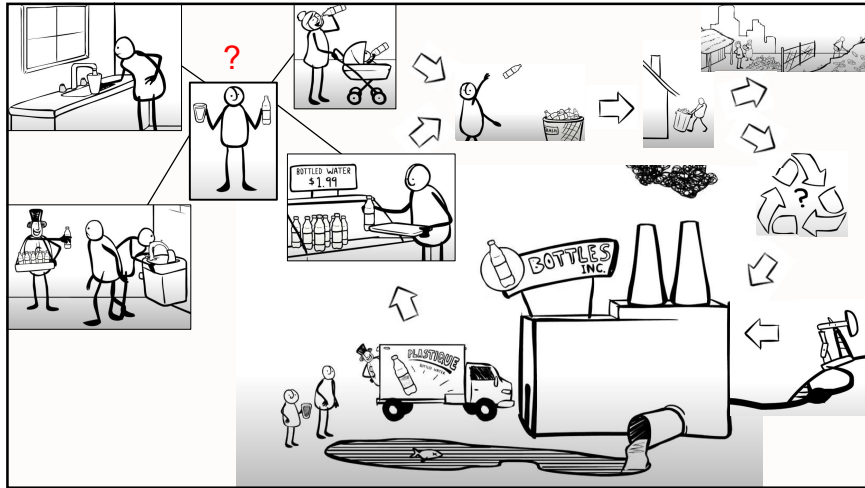
Feedback

Er is geen estergroep of amidegroep. Dit betekent dat het polymeer gevormd is met polyadditie, waarvoor een dubbele binding nodig is.



Bijlage 5: Powerpoint Les 1

De PowerPoint bevat tevens de (fictieve) aantekeningen zoals deze tijdens de les worden gemaakt.



1

PE = Polyetheen

Teken de structuurformule van etheen

2

PE

$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & = & \text{C} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$ <p>Etheen Monomeer</p>	<p>Polyetheen</p> $\sim \begin{array}{cccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & \\ \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} \sim$ <p>Polymeer</p>
---	---

3

Vandaag

Opdracht: kies hiervoor een van de plastics uit

Hoe worden polymeren gemaakt uit monomeren?

Hoe zie je aan de structuurformule welke grondstoffen je nodig hebt?

4

Opdracht

4

Klaar?
Begin alvast aan opgave 9 van paragraaf 9.2

Opdracht

- Kies één plastic uit. Neem deze en het bioplastic mee naar je tafel
- Maak tweetallen binnen je groepje:
 - Beantwoord de vragen over het zelf gekozen plastic
 - Beantwoord dezelfde vragen over het bioplastic
- Controleer samen de reactievergelijkingen en bespreek de verschillen
Iemand krijgt de vraag om de reactievergelijking op het bord te schrijven

5

Opdracht

4

Klaar?
Begin alvast aan opgave 9 van paragraaf 9.2

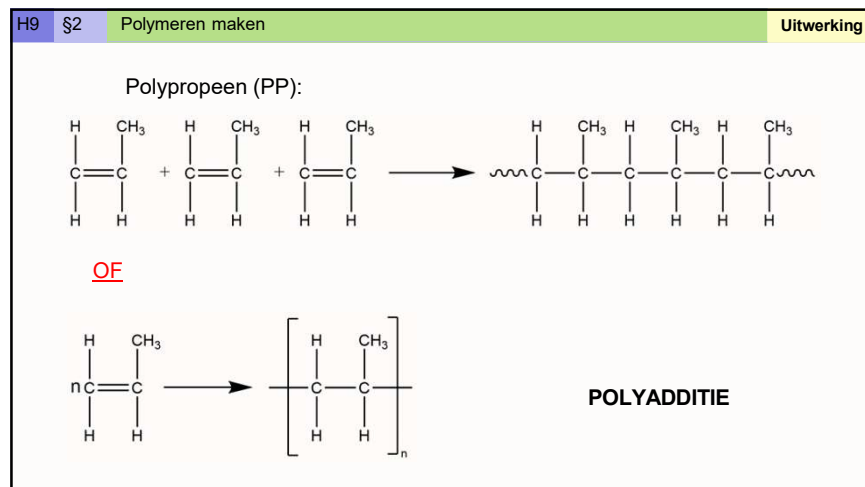
$$\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{H} \\
 | \quad | \\
 \text{C} = \text{C} \\
 | \quad | \\
 \text{H} \quad \text{H}
 \end{array}$$

Etheen
Monomeer

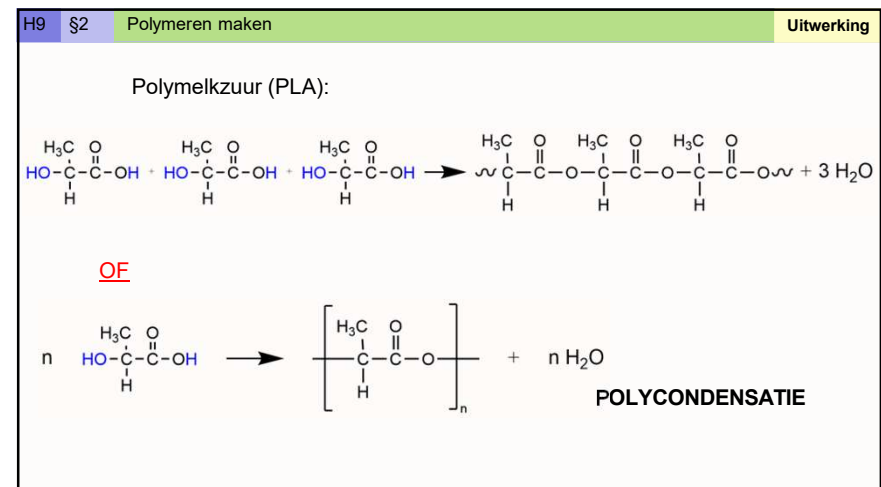
$$\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\
 | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \sim \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} \sim \\
 | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H}
 \end{array}$$

Polyetheen
Polymeer

6




7








8

De reactievergelijkingen hierboven worden door de leerlingen op het bord gezet.

H9 §2 Polymeren maken



 4		Klaar? Huiswerk: <ul style="list-style-type: none">• beantwoord de meerkeuzevragen Google Forms• bekijk filmpje 'Hoe we verzuipen in plastic' (zie Magister)
--	---	---

Doorgeefopdracht (Examenopgaven)

1. Maak de oneven opgaven individueel
2. Geef het papier door naar rechts en bedenk commentaar.
 - Bespreek je commentaar met degene links van je
 - Luister naar het commentaar van degene rechts van je**Breng eventueel samen verbeteringen aan.**
Geef het papier weer door naar rechts, etc..
3. Klaar? Bespreek samen eventuele vragen over de opdrachten.

Bijlage 6: Mentimeter Les 2

This is a preview. Your responses will not be saved.
Show test responses


Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

Instructions

Go to
www.menti.com


Enter the code
6395 6560




Or use QR code

Audience screen

Mentimeter



You're all set!
Waiting for presenter.



Powered by Mentimeter [Terms](#)

This is a preview. Your responses will not be saved.
Show test responses

Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

Kosten gerecycled plastic

In 2020 moesten bedrijven € 0,85 betalen voor een kilogram nieuw plastic, en € 0,95 per kilogram betalen voor gerecycled plastic.

Audience screen

Mentimeter

Kosten gerecycled plastic

In 2020 moesten bedrijven € 0,85 betalen voor een kilogram nieuw plastic, en € 0,95 per kilogram betalen voor gerecycled plastic.



Powered by Mentimeter [Terms](#)

This is a preview. Your responses will not be saved.
Show test responses

Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

Ik betaal liever iets meer voor gerecycled plastic.

Eens Oneens

Audience screen

Mentimeter

Ik betaal liever iets meer voor gerecycled plastic.

In 2020 moesten bedrijven € 0,85 betalen voor een kilogram nieuw plastic, en € 0,95 per kilogram betalen voor gerecycled plastic.

Eens

Oneens

Submit

This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

SUP-heffing

Op wegwerpplastic (single-use plastic,SUP) wordt sinds 1 juli 2023 een heffing gerekend om de hoeveelheid wegwerpplastic te verminderen. De overheid zou ook willen dat je zelf een alternatief mee kan brengen in plaats van wegwerp plastic, maar dit is vaak niet mogelijk.

Audience screen

Mentimeter

SUP-heffing

Op wegwerpplastic (single-use plastic,SUP) wordt sinds 1 juli 2023 een heffing gerekend om de hoeveelheid wegwerpplastic te verminderen. De overheid zou ook willen dat je zelf een alternatief mee kan brengen in plaats van wegwerp plastic, maar dit is vaak niet mogelijk.

Powered by Mentimeter [Terms](#)

This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

Het moet verplicht worden dat je zelf herbruikbare bakjes en zakjes kunt gebruiken in de supermarkt en horeca.

Eens Oneens

Audience screen

Mentimeter

Het moet verplicht worden dat je zelf herbruikbare bakjes en zakjes kunt gebruiken in de supermarkt en horeca.

Op wegwerpplastic (single-use plastic,SUP) wordt sinds 1 juli 2023 een heffing gerekend om de hoeveelheid wegwerpplastic te verminderen. De overheid zou ook willen dat je zelf een alternatief mee kan brengen in plaats van wegwerp plastic, maar dit is vaak niet mogelijk.

This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen

Join at menti.com | use code 6395 6560

Fossiel Plastic

Nog steeds wordt veel plastic gemaakt van aardolie, een fossiele brandstof. Als dit verbrand wordt bij de afvalverwerker komt er veel koolstofdioxide vrij. Er komen langzaam ook fossielvrije plastics op de markt, zoals PLA, gemaakt van melkzuur.

Audience screen

Mentimeter

Fossiel Plastic

Nog steeds wordt veel plastic gemaakt van aardolie, een fossiele brandstof. Als dit verbrand wordt bij de afvalverwerker komt er veel koolstofdioxide vrij. Er komen langzaam ook fossielvrije plastics op de markt, zoals PLA, gemaakt van melkzuur.

Powered by Mentimeter [Terms](#)

This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen



Audience screen



This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen



Audience screen



This is a preview. Your responses will not be saved.

Show test responses

Presenter screen



Audience screen

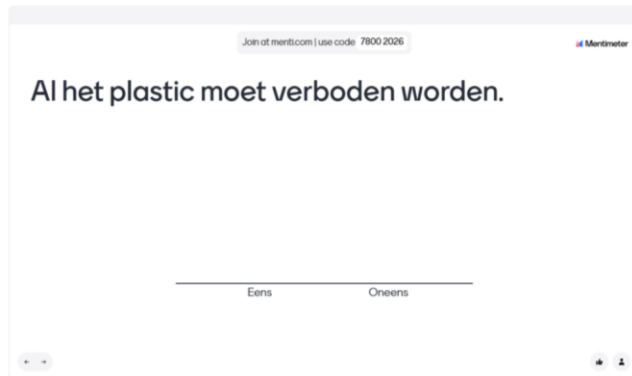


This is a preview. Your responses will not be saved.

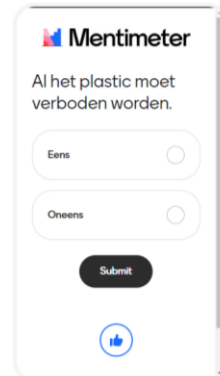
Show test responses 

x

Presenter screen



Audience screen



Bijlage 7: Powerpoint Les 2



Groene Chemie

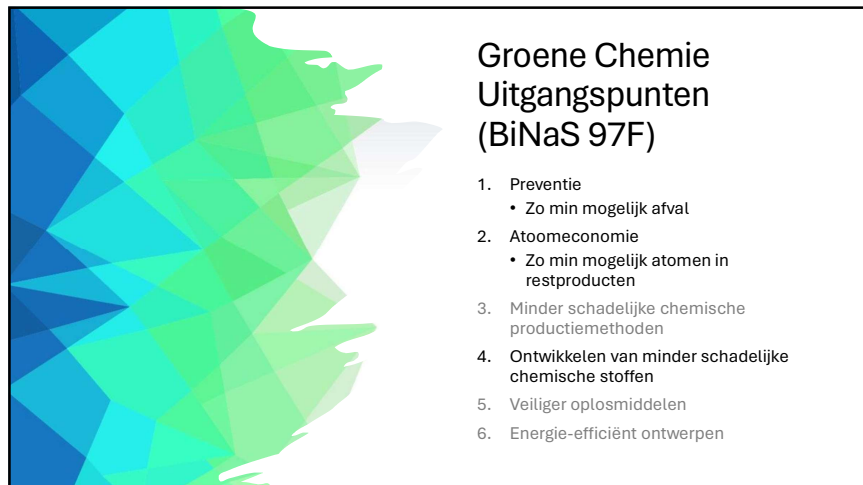
1



Groene Chemie Uitgangspunten

- In 1998 opgesteld
- 12 punten voor groenere chemie
 - Minder slecht voor milieu
 - Minder gevaarlijk

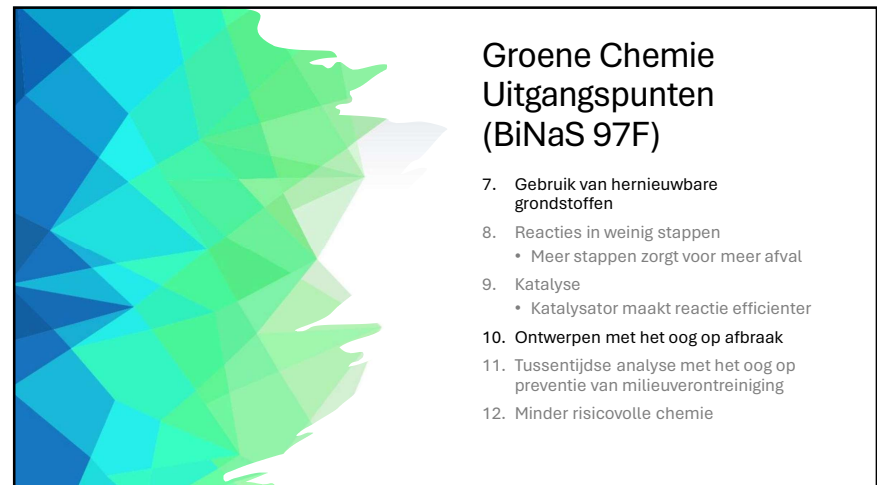
2



Groene Chemie Uitgangspunten (BiNaS 97F)

1. Preventie
 - Zo min mogelijk afval
2. Atomeconomie
 - Zo min mogelijk atomen in restproducten
3. Minder schadelijke chemische productiemethoden
4. Ontwikkelen van minder schadelijke chemische stoffen
5. Veiligere oplosmiddelen
6. Energie-efficiënt ontwerpen

3



Groene Chemie Uitgangspunten (BiNaS 97F)

7. Gebruik van hernieuwbare grondstoffen
8. Reacties in weinig stappen
 - Meer stappen zorgt voor meer afval
9. Katalyse
 - Katalysator maakt reactie efficiënter
10. Ontwerpen met het oog op afbraak
11. Tussentijdse analyse met het oog op preventie van milieuverontreiniging
12. Minder risicovolle chemie

4