

# MINIMODULES VOOR 3 VWO



## Bioethanol

Complex rekenen  
Cryptografie  
Digitaal!  
Evolutie van het oog  
Forensisch onderzoek  
Fractals  
Grafentheorie  
Navigatie  
Zonne-energie

*Ontwikkeld voor*



*Door*

Jeroen Borsboom  
Hans van Dijk  
Arjan de Graaff  
Jeroen Heilig  
Peter Keeven  
Nicole de Kleijn  
Wim Launspach  
Henk Ubbels  
De Praktijk  
Wessel van de Hoef

Auteurs:

*Jeroen Borsboom, PSG Jan van Egmond, Purmerend  
De Praktijk, Amsterdam*

*Hans van Dijk, Pieter Nieuwland College, Amsterdam*

*Arjan de Graaf, Bonhoeffer College, Castricum*

*Jeroen Heilig, Petrus Canisius College, Alkmaar*

*Peter Keeven, Keizer Karel College, Amstelveen*

*Nicole de Kleijn, Fons Vitae Lyceum*

*Wim Launsspach, Hermann Wesselink College, Amsterdam*

*Henk Ubbels, Oscar Romero, Hoorn*

Zonne-energie

Grafentheorie

Fractals, Digitaal!

Navigatie

Complex rekenen

Forensisch onderzoek

Cryptografie

De evolutie van het oog

Bioethanol

Eindredacteers:

Hans van Dijk

*Pieter Nieuwland College, Amsterdam  
Amstel Instituut, Amsterdam*

Wessel van de Hoef

*Fons Vitae Lyceum, Amsterdam  
Amstel Instituut, Amsterdam*






## **Beste leerling,**

Dit jaar een profiel kiezen, met nieuwe vakken?

De komende lessen maak je kennis met een stukje Bio-Chemie dat niet in de schoolboeken staat. Als je een natuurprofiel (natuur en gezondheid of natuur en techniek) kiest, krijg je misschien de gelegenheid ook het vak 'NLT' te kiezen. Bioethanol is een erg actueel onderwerp dat bij NLT aan de orde kan komen. Belangrijk is in ieder geval dat de manier van denken in deze lessen overeenkomt met wat er bij NLT van je verwacht wordt.

In deze "minimodule" maak je kennis met een aantal onderzoeken en vaardigheden. Je leert uitkomsten van de onderzoeken te interpreteren. Aan het eind van deze module ga je nog een eindopdracht doen waarbij je zelf onderzoekt of bioethanol een goed alternatief voor benzine kan zijn.

Alle minimodules hebben dezelfde opbouw, wat het werken ermee vergemakkelijkt. Je zal in de modules veel icoontjes tegenkomen. Deze icoontjes hebben de volgende betekenis:

-  : Leestekst
-  : Achtergrondinformatie
-  : Opdracht
-  : Practicumhandeling
-  : Internetopdracht

We wensen je veel plezier bij het maken van deze minimodule. Hopelijk vind je de inhoud van deze minimodule leuk en interessant genoeg om in ieder geval een natuurprofiel te kiezen en misschien wel NLT.

De auteurs

## Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	Inleiding	Blz. 5
Hoofdstuk 2	Bioethanol en het milieu	Blz. 8
Hoofdstuk 3	Dichtheid van een brandstof	Blz. 9
Hoofdstuk 4	Viscositeit van een brandstof	Blz. 11
Hoofdstuk 5	Vlampunt van een brandstof	Blz. 12
Hoofdstuk 6	Betrouwbaarheid van een onderzoek	Blz. 13
Hoofdstuk 7	Open onderzoeksopdracht	Blz. 14
Bijlage	Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid	Blz. 15

## studieplanner

datum	les	§	k/z	omschrijving
	1	1+2	z	Lees de artikelen en maak de vragen 1—19 in tweetallen.
		1+2	z	Bereid onderzoek 1 voor.
	2	1+2	k	Nabespreking opdrachten les 1.
		2	z	Voer onderzoek 1 uit en beantwoord de onderzoeksvragen. Bereid onderzoek 2 voor.
	3	3	z	Voer onderzoek 2 uit, beantwoord de onderzoeksvragen en vraag 20—22. Bereid onderzoek 3 voor.
	4	4	z	Voer onderzoek 3 uit, beantwoord de onderzoeksvragen en vraag 23. Bereid onderzoek 4 voor.
	5	5	z	Voer onderzoek 2 uit, beantwoord de onderzoeksvragen en vraag 24—26.
	6	6	k	Beantwoord in tweetallen eerst vraag 27—29. Daarna volgt een klassikale discussie over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van een onderzoek.
	7	7	z	Open onderzoeksopdracht in 4-tallen:
	8			"Is bioethanol een goed alternatief voor gewone benzine?"

k = klassikaal, z = zelfstandig werken / huiswerk

## Hoofdstuk 1 Inleiding

Lees onderstaande twee artikelen en beantwoord de vragen op bladzijde 6.

### Wij hebben de auto, nu de brandstof nog!

*Vanaf 01-02-2006 Levert Ford de Focus en C-max met een zogenaamde Flexifuel 1.8 16V 125pk motor. Met de introductie van deze auto is voor de Nederlandse markt een bijzondere situatie ontstaan. De auto is er, maar er is nog nauwelijks bioethanol (ethanol = alcohol) verkrijgbaar in Nederland. Dit in tegenstelling tot Noorwegen en Zweden waar deze brandstof steeds beter verkrijgbaar is. Zo ook in sommige delen van Duitsland. Hierbij gaat het om samenwerkingsverbanden tussen leveranciers van bioethanol en lokale Ford dealers. Met de introductie van deze motor wil Ford Nederland graag proefprojecten opzetten met overheden, beheerders van grote wagenparken, ethanolproducenten en brandstofleveranciers. Door het "op de weg zetten" van deze auto's, welke ook gewoon op benzine rijden, wordt er vraag naar bioethanol gecreëerd. Zodat het voor leveranciers, wellicht met wat sturing van de overheid middels accijnzen, interessant is om bioethanol aan de pomp te gaan aanbieden. De ontwikkelingen op de oliemarkten helpen hierbij een beetje.*



### Goedkopere ethanol voor in de tank

*De productie van ethanol kan met een nieuw proces zeker de helft goedkoper. Nu binnen enkele jaren de transportbrandstoffen voor een aanzienlijk deel duurzaam moeten zijn, ontstaan daarmee interessante kansen voor het proces. Een onderzoeksgroep van TNO, ATO, Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam en de raffinaderij Nerefco heeft een nieuw productieproces voor bioethanol ontwikkeld. Als grondstof kunnen allerlei reststromen dienen waarin veel cellulose zit, ofwel hout en gras. Een behandeling met zwavelzuur zorgt voor de afbraak van het cellulose, met na enkele stappen de vorming van suikers, met een rendement van tachtig procent. Alcoholgisting zorgt vervolgens voor omzetting van de suikers in ethanol.*

*In het jaar 2010 moet 5,75% van de Europese transportbrandstoffen hernieuwbaar zijn, in 2020 zelfs een vijfde. De gemakkelijkste opties daarvoor zijn het bijmengen van biologische brandstoffen bij bestaande fossiele brandstoffen, zoals biodiesel bij de diesel en bioethanol bij de benzine. Naar verwachting zal in Nederland in het jaar 2020 behoefte zijn aan vier miljoen ton bioethanol. Bij de gebruikelijke processen voor vrijmaken van suikers uit biologische materialen leveren ethanol voor een prijs van minimaal 35 eurocent per liter. Het door de Nederlandse onderzoekers bedachte proces kan bioethanol voor een prijs van vijftien eurocent per liter leveren.*

## Vragen

Enkele goede bronnen om te starten bij het beantwoorden van de vragen in dit boekje zijn:

<http://www.dlvsubsidieadvies.nl/bio-brandstoffen/achtergronden.htm>

<http://www.duurzaamnieuws.nl/>

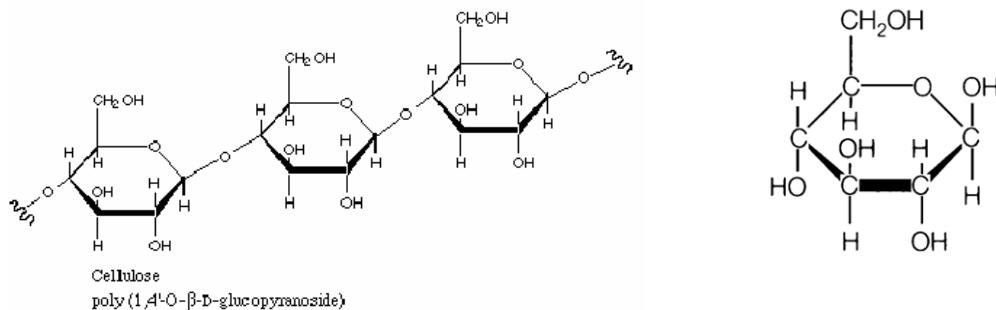
Bioethanol wordt gemaakt door vergisting van glucose. De gistcellen ontleden glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) in ethanol ( $C_2H_6O$ ) en koolstofdioxide.

- 1) Leg uit wat ontleden is.
- 2) Geef de reactievergelijking van de vergisting van glucose.

Om alcohol te winnen uit cellulose moet eerst cellulose afgebroken worden tot glucose.

Cellulose bestaat uit hele lange moleculen die zijn opgebouwd uit glucose eenheden.

Hieronder zie je een stukje van de structuurformule van cellulose (links) en de structuurformule van glucose (rechts).



- 3) In de structuur van cellulose zijn de koolstofatomen in 'de ring' weggelaten. Geef in de bovenstaande structuur deze weggelaten koolstofatomen weer met een rode stip.
- 4) De afbraak van cellulose vindt plaats onder invloed van het enzym hydrolase. Welke rol vervult dit enzym in chemische zin?
- 5) Voor de afbraak van cellulose tot glucose is naast cellulose nog een stof nodig. Beredeneer op basis van bovenstaande structuurformules welke stof dit is.

De 'gewone' suiker uit de winkel is geen glucose maar een zogenaamd dubbelsuiker.

De chemische naam is sacharose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). De vergisting van sacharose verloopt in twee stappen.

Eerst vindt hydrolyse plaats: één molecuul sacharose reageert met één molecuul water. Daarbij ontstaan twee moleculen glucose. Vervolgens wordt glucose door middel van gist omgezet in ethanol.

- 6) Verklaar de term 'dubbelsuiker'.
- 7) Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van sacharose in molecuulformules.
- 8) Verklaar de term 'hydrolyse'.

Het vergistingsproces zal uiteindelijk stoppen omdat de gist maximaal 10-12 volume% ethanol kan verdragen. Het is van belang om in de voorbereiding hiermee rekening mee te houden, zodat geen onvergiste suikers verloren gaan en maximale suiker-ethanol conversie kan worden bereikt.

- ✎ 9) Leg uit wat bedoeld wordt met een 'maximale suiker-ethanol conversie'.
- ✎ 10) Om de ethanol uit het vergistingsproduct te winnen moet er gedestilleerd worden. Deze methode berust op het verschil in kookpunt. Wat zijn de kookpunten van water en ethanol?
- ✎ 11) Leg uit of volgens jou dit verschil in kookpunt voldoende is voor een goede scheiding van water en ethanol en bedenk op welke manier de scheiding eventueel verbeterd kan worden.
- ✎ 12) Probeer via internetbronnen er achter te komen hoeveel water er maximaal in bioethanol mag voorkomen en waarom.
- ✎ 13) In Brazilië rijdt 60% van de auto's op bioethanol. Geef een aantal mogelijke oorzaken waarom dit in Nederland (nog) niet gebeurt.

## Hoofdstuk 2 Bioethanol en milieu

Gebruik van bioethanol heeft een aantal voordelen, één daarvan is (naar schatting) 30-40 % minder koolstofdioxide uitstoot.

- ✎ 14) Leg uit waarom bioethanol leidt tot minder koolstofdioxide uitstoot. Maak daarbij gebruik van de afbeelding bij onderzoek 1 (op de volgende pagina).
- ✎ 15) Bij de vergisting van suikers ontstaat juist koolstofdioxide. Is dit te rijmen met je antwoord op de vorige vraag? Goed uitleggen!

Er kleven ook enkele nadelen aan het gebruik van ethanol. Eén daarvan heeft te maken met de winning van ethanol uit het gistingsproduct.

- ✎ 16) Leg uit om welk nadeel het hier gaat.

Het huidige accijnstarief op diesel bedraagt ca. € 0,37 per liter en op benzine ca. € 0,67. Biodiesel is in Nederland vrijgesteld van accijns, maar bioethanol (nog) niet. Dit in tegenstelling tot sommige andere landen.

- ✎ 17) Wat is accijns?
- ✎ 18) Ken je nog meer producten waarop accijns zit? Noem deze!

In een automotor vindt verbranding plaats bij een hoge temperatuur en onder een hoge snelheid.

- ✎ 19) Leg uit welke stoffen volgens jou kunnen voorkomen in de uitlaatgassen van auto's die op zuivere ethanol rijden.

Bespreek de antwoorden op bovenstaande vragen in groepjes van vier. Je gaat daarna in tweetallen onderzoeken welke verbrandingsproducten er ontstaan bij de verbranding van ethanol.

👉 *Onderzoek 1 Wat zijn de verbrandingsproducten van ethanol?*

Je krijgt de beschikking over zuivere ethanol.

Maak een werkplan voor een onderzoek naar de verbrandingsproducten van ethanol.

Vraag de TOA om de benodigde spullen en voer je onderzoek uit.

Door middel van onderzoek beantwoord je de volgende onderzoeksvragen:

*Wat zijn de verbrandingsproducten van ethanol?*

*Wat is de reactievergelijking van de volledige verbranding van ethanol?*

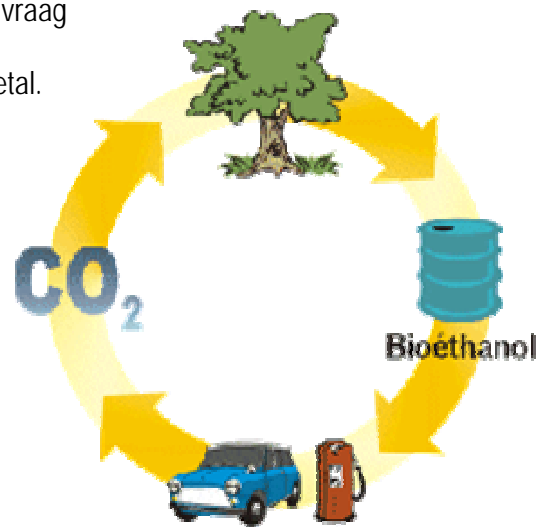
*Vindt er ook onvolledige verbranding plaats?*

*Hoe schadelijk zijn de verbrandingsproducten voor mens en milieu?*

Maak voor het beantwoorden van de laatste vraag gebruik van bronnen op het internet!

Wissel je antwoorden uit met een ander tweetal.

*Denk om veiligheid: jas aan bril op!*



## Hoofdstuk 3 Dichtheid van een brandstof

- De kwaliteit van een brandstof wordt niet alleen bepaald door de verbrandingswarmte. Als een brandstof een te grote dichtheid heeft, dan zal deze moeizaam tot ontbranding komen en ongeschikt zijn als brandstof voor een motor. Brandstoffen voor benzine- en dieselmotoren hebben dichtheden, die variëren van 0,72-0,80 gram per milliliter (g/mL).

*Onderzoek 2*  
*Wat is de dichtheid van ethanol in vergelijking met andere vloeistoffen?*

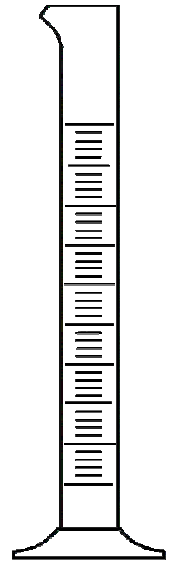
Je gaat de dichtheid van ethanol vergelijken met de dichtheid van een aantal andere vloeistoffen:

- water
- benzine (euro 95)
- diesel
- zonnebloemolie

Je kunt de dichtheid van deze vloeistoffen met elkaar vergelijken door gebruik te maken van een maatcilinder en een elektronische balans (bij voorkeur op twee decimalen).

Denk er wel om dat je de maatcilinder afleest aan de onderkant van de 'meniscus' zoals te zien is op de afbeelding hieronder.

*Maak een werkplan voor het bepalen van de dichtheden.*

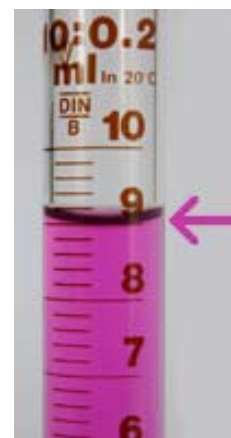


### *Vragen naar aanleiding van je onderzoek*

- 20) Is er -op basis van de dichtheid- een alternatief voor benzine? Zo ja, welk? Zo nee, waarom niet?

Ethanol kan zonder problemen en tot op zekere hoogte met benzine worden gemengd.

- 21) Waarom tot 'op zekere hoogte'? Leg uit waarom een benzinemotor niet geschikt is voor 100% ethanol als brandstof. Maak gebruik van internet bronnen.
- 22) Leg uit welke aanpassingen in een benzinemotor nodig zijn om wel gebruik te maken van 100% bioethanol. Maak weer gebruik van internet bronnen.



## Hoofdstuk 4 Viscositeit van een brandstof

De kwaliteit van een brandstof wordt niet alleen bepaald door de verbrandingswarmte. Als een brandstof te stroperig is, dan zal deze moeizaam tot ontbranding komen en ongeschikt zijn als brandstof voor een motor. Een andere naam voor stroperigheid is viscositeit. Een vloeistof met een lage viscositeit is 'dunner' en minder stroperig dan een vloeistof met een hoge viscositeit. De viscositeit van een vloeistof is verder afhankelijk van de temperatuur. Brandstoffen voor benzine- en dieselmotoren hebben een relatief lage viscositeit.



### Onderzoek 3

*Wat is de viscositeit van ethanol in vergelijking met andere vloeistoffen?*

Je gaat de viscositeit van ethanol vergelijken met de viscositeit van een aantal andere vloeistoffen:

- water
- benzine (euro 95)
- diesel
- zonnebloemolie



*Je kunt de viscositeit van deze vloeistoffen met elkaar vergelijken door gebruik te maken van de snelheid waarmee de vloeistof uitstroomt door een kleine opening. Gebruik hiervoor volumetrische pipet van 25.00 mL (afbeelding hierboven).*

*Vul de pipet met behulp van een pipetteer ballon tot de maatstreep met de te onderzoeken vloeistof en meet de 'uitstroomsnelheid' in  $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$*

*Voor het onderzoek uit in duplo.*

### Vragen naar aanleiding van je onderzoek

Behalve water zijn alle andere onderzochte vloeistoffen brandbaar.

- 23) Is er—op basis van de viscositeit—een alternatief voor benzine? Zo ja, welk? Zo nee, waarom niet?



## Hoofdstuk 5 Vlampunt van een brandbare stof

Als een brandstof te langzaam verdampt, dan zal deze moeizaam tot ontbranding komen en ongeschikt zijn als brandstof voor een motor. Het *vlampunt* van een chemische stof is de laagste temperatuur waarbij de stof nog genoeg damp afgeeft om tot ontbranding te kunnen komen, wanneer hij in contact komt met een ontstekingsbron.

**Onderzoek 4**  
*Wat is het vlampunt van ethanol in vergelijking met andere vloeistoffen?*

Je gaat het vlampunt van (zuivere) ethanol vergelijken met de viscositeit van een aantal andere vloeistoffen:

- 70% ethanol -30% water mengsel
- benzine (euro 95)
- diesel
- zonnebloemolie

Je kunt het vlampunt van deze vloeistoffen als volgt bepalen.

- Doe 10 druppels van de te onderzoeken vloeistof met behulp van een Pasteur pipet in een porseleinen schaalje, zet dit op een waterbad met daaronder een driepoot.
- Houd een brandende lucifer 3 seconden op 2 cm afstand boven de vloeistof. Niet dichterbij en niet langer!
- Ga op deze manier na of het vlampunt beneden dan wel boven kamertemperatuur ligt.



Voer het onderzoek uit in duplo.

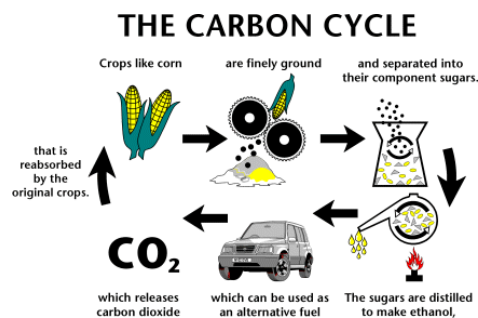
*Denk om veiligheid: jas aan bril op!*

*Vragen naar aanleiding van je onderzoek*

- 24) Is ethanol -op basis van het vlampunt- een alternatief voor benzine?  
 25) Mag de ethanol water bevatten?

Het *vlampunt* moet niet verward worden met de *ontbrandingstemperatuur*.

- 26) Leg duidelijk uit wat het verschil is tussen het vlampunt en de ontbrandingstemperatuur van een stof.



## Hoofdstuk 6 Betrouwbaarheid van het onderzoek

- 📄 Vergelijk het resultaat van onderzoek 2, 3 en 4 met de rest van de klas. Is jullie antwoord hetzelfde als bij de rest van de klas?  
 Waarschijnlijk zijn er verschillen. Dit kan komen door meetfouten, maar ook doordat niet iedereen de proef op dezelfde manier heeft uitgevoerd. Maar ook door meetfouten. Dit kan natuurlijk niet de bedoeling zijn.
- ✎ 27) Schrijf eerst zelf zo veel mogelijk dingen op waarmee we het onderzoek 2 zo 'eerlijk' mogelijk kunnen maken? Maak gebruik van de bijlage op blz. 15.
- ✎ 28) Vergelijk jullie antwoorden met een andere groep.
- ✎ 29) *Dezelfde vragen voor onderzoek 3 en 4.*



Vervolgens wordt met de hele klas besproken hoe we een onderzoek naar de dichtheid, viscositeit en het vlampunt van brandstoffen zo nauwkeurig en betrouwbaar mogelijk kunnen opzetten. Nu we afgesproken hebben hoe we nauwkeurig en betrouwbaar onderzoek kunnen doen zijn we als het goed is klaar voor het echte werk.

In de volgende paragraaf ga je met een onderzoeksteam bestaande uit vier personen je eigen bioethanol maken. In het onderzoek staan zaken centraal als de prijs, kwaliteit en effecten op het milieu.

Veel succes!



## Hoofdstuk 7 Open onderzoeksofdracht



### Open onderzoeksofdracht

“Is bioethanol een goed alternatief voor gewone benzine?”

In het volgende open onderzoek ontwerp je een eigen bioethanol, die moet kunnen concurreren met de benzine aan de pomp. Jouw onderzoeksteam bestaande uit 4 personen krijgt de opdracht om een goedkope en kwalitatief goede autobrandstof (bioethanol) te ontwikkelen, die voor 100% gemaakt wordt uit duurzame stoffen.

Er moet eerst een vooronderzoek worden gedaan om te komen tot een werkplan.

#### Vooronderzoek

Verdeel de taken en ga op zoek naar bronnen!

- Welke scheidingsmethode is geschikt om ethanol uit een vergistingproduct te winnen? (Is deze scheiding gemakkelijk, welke obstakels zijn er te verwachten?)
- Wat zijn de effecten op het milieu?
- Hoeveel de bioethanol gaat kosten in euro per liter?  
Niet alleen de klant, maar ook de producent heeft belang bij een zo laag mogelijke kostprijs.

#### Werkplan

Maak een werkplan (blz. 15) waarin staat:

- voor welke scheidingsmethode is gekozen
- welke materialen/glaswerk je nodig hebt bij je experiment
- hoe ga je de autobrandstof gaat testen op kwaliteit (bij onderzoek 1-4 heb je geleerd hoe je dit moet doen); de kwaliteit van de door jou ontwikkelde bioethanol kun je vergelijken de kwaliteit van benzine van de pomp:
  - *verbrandingsproducten*
  - *dichtheid*
  - *viscositeit*
  - *vlampunt*

Voer na goedkeuring van de docent in viertallen je onderzoek uit.

#### Onderzoeksrapport

Maak een vervolgens als groep één onderzoeksrapport waarin staat:

- Titel
- Namen + klas + datum
- Inleiding + onderzoeksvraag + beargumenteerde verwachting
- Werkwijze
- Resultaten
- Discussie (over de voor- en nadelen van bioethanol, de betrouwbaarheid van het onderzoek en suggesties voor verbetering)
- Conclusie (het antwoord op de hoofdvraag).

## Bijlage                      Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid

### Eerlijkheid, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van een onderzoek

Alleen als een onderzoek eerlijk, betrouwbaar en nauwkeurig is, kunnen er de juiste conclusies uit getrokken worden. Hoe kun je beoordelen of (de opzet van) een onderzoek eerlijk, betrouwbaar en nauwkeurig is?

#### A. Hoe 'eerlijk' is een onderzoek?

Om dit te beoordelen moet je eerst alle variabelen van het onderzoek onder de loep nemen. Variabele zijn grootheden (zoals lengte), die weergegeven kunnen worden met een getal en een eenheid (bijvoorbeeld meter).

Wat wordt er bij het onderzoek gemeten en met welke eenheid? Welke andere factoren kunnen van invloed zijn op de metingen?

Bij een eerlijk onderzoek gelden de volgende vijf criteria.

Er wordt eerst een **lijst** gemaakt van **alle variabelen** van het onderzoek en dan één van deze variabelen **gekozen** als de variabele die tijdens het onderzoek wordt **veranderd** door de onderzoeker, terwijl één andere variabele wordt **gemeten** en alle andere variabelen **constant** worden gehouden.

Onderzoekers onderscheiden drie soorten variabelen:

<b>Onafhankelijke variabelen</b>	Deze variabele wordt veranderd
<b>Afhankelijke variabelen</b>	Deze variabele wordt gemeten
<b>Gecontroleerde variabelen</b>	Deze variabelen worden constant gehouden

Op deze manier is het gemakkelijker om de resultaten van het onderzoek te begrijpen en te interpreteren.

#### B. Hoe nauwkeurig zijn de resultaten?

Als de alle variabelen benoemd zijn, is de volgende stap het nadenken over de opzet van het onderzoek (werkplan): welke hoeveelheden worden gebruikt, hoeveel metingen worden gedaan en hoe vaak herhaald, welke glaswerk, apparatuur, instrumenten worden gebruikt en tot welke significantie leiden deze metingen, enzovoorts.

#### C. Hoe betrouwbaar zijn de resultaten?

Metingen worden vaak verwerkt in tabellen en grafieken.

Maar hoe betrouwbaar zijn deze? Zijn de meetresultaten reproduceerbaar?

Of zitten er tussen 2 of 3 dezelfde metingen (te) grote verschillen?

Bij een betrouwbaar onderzoek mogen bij herhaling van de metingen geen grote verschillen (ook wel deviatie genoemd) optreden.

Herhaling van het experiment vergroot de betrouwbaarheid van het onderzoek!

Voer na goedkeuring van de docent in viertallen je onderzoek uit.