

Naam:

Klas:

Synthetische biologie

Naar een kritisch perspectief



Colofon



Universiteit Utrecht

Freudenthal Instituut
voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen



v1.2

Deze lesmodule is ontwikkeld door het Freudenthal Instituut in het kader van het Europese project SYNENERGENE.

Auteurs

Karina Fonseca Azevedo, Marie-Christine Knippels
Vertaald uit het Engels door Eva Supit
Aangepast door Michiel van Harskamp

Delen van deze lesmodule zijn gebaseerd op en/of geïnspireerd door de eerste lesmodule "*Synthetic biology: what is possible and advisable?*"
<http://www.fi.uu.nl/toepassingen/28400>

Illustraties

Jenty Heijstek

Vormgeving

Miranda Overbeek

Op deze lesmodule is de Creative Commons Naamsvermelding Niet-commercieel Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie van toepassing (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>).

Bij vragen of opmerkingen kunt u contact opnemen met het Freudenthal Instituut (fisme@science.uu.nl).



Deze lesmodule is ontwikkeld met subsidie van het 'European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration' (subsidieovereenkomst nummer: 321488).

Inhoud

Onderdeel 1:

Synthetische biologie: gevoelens, morele kwesties en vragen	4
Opdracht 1	4
Opdracht 2	5

Onderdeel 2:

Al realiteit: bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers	6
Opdracht 3	7
Opdracht 4	7

Part3:

Synthetische biologie: wat is het en wat kan je ermee?	8
Opdracht 5	8
Opdracht 6	13
Opdracht 7	13

Part4:

De beste handelswijze: een open dialoog	15
Opdracht 8	15
Opdracht 9	17
Opdracht 10	18

ONDERDEEL 1

Synthetische biologie: Gevoelens, morele kwesties en vragen

Video

Je krijgt een video te zien over een fictief toekomstscenario waarin planten licht kunnen geven. Lees eerst de opgave en vul hem in na het zien van de video.



<https://www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c>

Opdracht 1

Schrijf in onderstaande tabel op welke gevoelens, morele kwesties en/of dilemma's, en vragen bij je opkomen bij het zien van de video.

Gevoelens	Morele kwesties en dilemma's	Vragen

Het is mogelijk om de inhoud van de video nogmaals door te nemen door onderstaande (naar het Nederlandse vertaalde) tekstversie te lezen.

Bioluminescerende straatlantaarns

Haar man vond de lichtgevende bomen eng. Die vreselijke kerstdagen leken de hele zomer te duren en het was alleen een kwestie van tijd voor ze de verdomde bomen Jingle Bells zouden leren zingen. En waar was de uitknop op deze dingen, klaagde hij. Wat moet iemand doen om wat degelijke duisternis te krijgen in deze wereld vol licht?

Maar zijzelf vindt ze mooi, terwijl ze opkijkt naar het ingewikkelde netwerk van blauw licht dat zachtjes boven haar hoofd meewaait op de zachte wind. Oh, kon het niet altijd zomer zijn, zodat de bomen zouden blijven stralen. Ze haatte het harde en genadeloze mechanische licht van de ouderwetse straatlantaarns, die natuurlijk nog steeds gebruikt werden in de winter, als de bomen het niet deden. Vooral de lente was vreselijk, als het twijfelende licht van de bomen concurreerde met de straatlantaarns die nog steeds aan stonden.

Haar man was gewoon chagrijnig en ouderwets. Bioluminescerende planten waren een rage en elke dag waren er creatieve doe-het-zelf-synthetische biologen die trots een nieuwe huisgemaakte bioluminescerende tuinsoort presenteerden. Er zijn wedstrijden, waar juryleden een bezoekje brachten aan prachtig verlichte tuinen. Natuurlijk, tijdens het grijze seizoen moest je je planten licht 'voeren' met enorme elektrische lampen, maar het resultaat was zoveel beter.

Om eerlijk te zijn, als je 'lumis' wilde zien was je niet langer beperkt tot de straten en de tuinen. Steeds vaker doken er wilde soorten op in de bossen en weides. Maar goed, wat verwachtte je dan? Het is nu eenmaal onmogelijk om te zorgen dat alle enthousiaste amateurfokkers zich houden aan de industriële veiligheidsmaatregelen. Ach, wie kan het schelen! Er is nog niemand vergiftigd en dat sommige nachtdieren moesten verplaatsen naar de donkere delen van de wereld... wat maakt dat uit. Het is moeilijk verdrietig te zijn voor dieren die je normaal gesproken toch nooit ziet.



Opdracht 2

Werk in tweetallen. Leg je antwoord bij opdracht 1 uit aan je klasgenoot en andersom. Maak hieronder aantekeningen van zijn/haar antwoorden en uitleg.

.....

.....

.....

.....

.....

ONDERDEEL 2

AI realiteit: bioluminescerende planten en doe-het-zelf biohackers

Artikel

Lees onderstaand artikel over een bestaand "doe-het-zelf-biohackpakket" waarmee mensen zelf thuis lichtgevende planten kunnen maken.

Bioluminescerende planten en doe-het-zelf biohackers in de realiteit: bedreigingen voor het leven? ¹

Met de verkoop van doe-het-zelf-biohackpakketten zijn synthetische biogietechnieken voor iedereen beschikbaar. Straks kan iedereen thuis gistcellen rood laten kleuren. Ondertussen hebben ondernemers al plannen om glow-in-the-darkplanten te versturen naar enthousiastelingen overal in de VS. Alhoewel de levensvormen die gemaakt zijn met de biohackpakketten onschuldig lijken, zijn ze potentieel gevaarlijk, moeilijk te reguleren en kunnen ze vermoedelijk zelfstandig vermenigvuldigen.



Het ODIN-project heeft als doel om nieuwe technieken voor genetische modificatie toegankelijk te maken voor iedereen die er \$130 of \$160 voor over heeft. Deze pakketten komen met alle benodigde informatie over DNA-sequenties en kloneren zodat elke klant zijn eigen genoom kan bouwen.

"Glowing Plants: Natural light with no electricity" haalde bijna een half miljoen dollar bij elkaar met Kickstarter voor het produceren van diverse lichtgevende planten. Volgroeide planten of 50-100 vruchtbare zaden kunnen op voorhand besteld worden bij Glowing Plant. Het bedrijf adviseert klanten om de planten als nachtlampje te gebruiken of om ermee te pronken. James Clapper, directeur nationale inlichtingendienst van de VS, zei dat hij genetische modificatie als één van de zes potentiële massavernietigingswapens ziet en dat zowel opzettelijk als onopzettelijk misbruik van genetische modifacietechnologie kan leiden tot verstreckende gevolgen voor de economie en nationale veiligheid. Tot dusver is er onvoldoende onderzoek gedaan naar de potentiële consequenties voor het milieu van ontsnapte of vrijgelaten genetisch gemodificeerde organismen. Hoe kan het dat dergelijke schoolpakketten en doe-het-zelf-biohackpakketten volledig genegeerd worden in het debat over de veiligheid van genetische modificatie?



¹ Artikel is aangepast van "Rogue scientists to DIY biohackers: Real threats to ecosystems are not being taken seriously" | SynBioWatch. (N.d.). Geraadpleegd op 25 juli, 2016, op <http://www.synbiowatch.org/2016/04/rogue-scientists-to-diy-biohackers/>

Opdracht 3

Schrijf de gedachten en vragen op die bij je opkomen bij het lezen van het artikel. Leg ook uit wat je ervan vindt dat doe-het-zel-biohack niet in het debat over synthetische biologie aanwezig is.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Opdracht 4

Schrijf de morele kwesties op die je kunt identificeren in het artikel en geef bij elke kwestie je eigen standpunt aan.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

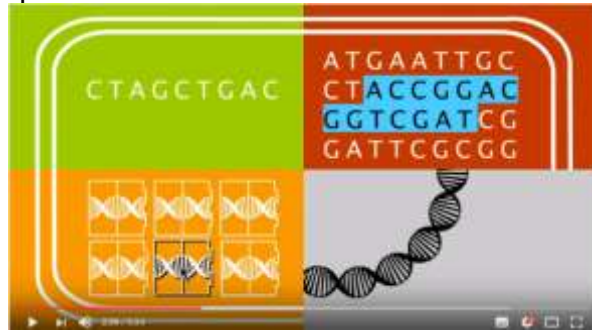
.....

ONDERDEEL 3

Synthetische biologie: Wat is het en wat kan je ermee?

Video

Je krijgt een filmpje over synthetische biologie te zien. Lees eerst de volgende opdrachten.



<https://youtu.be/UHBdEwNbXI0>

Opdracht 5

Na 2.50 wordt het filmpje stopgezet. Wat is, volgens het filmpje, synthetische biologie?.

.....

.....

.....

.....

.....

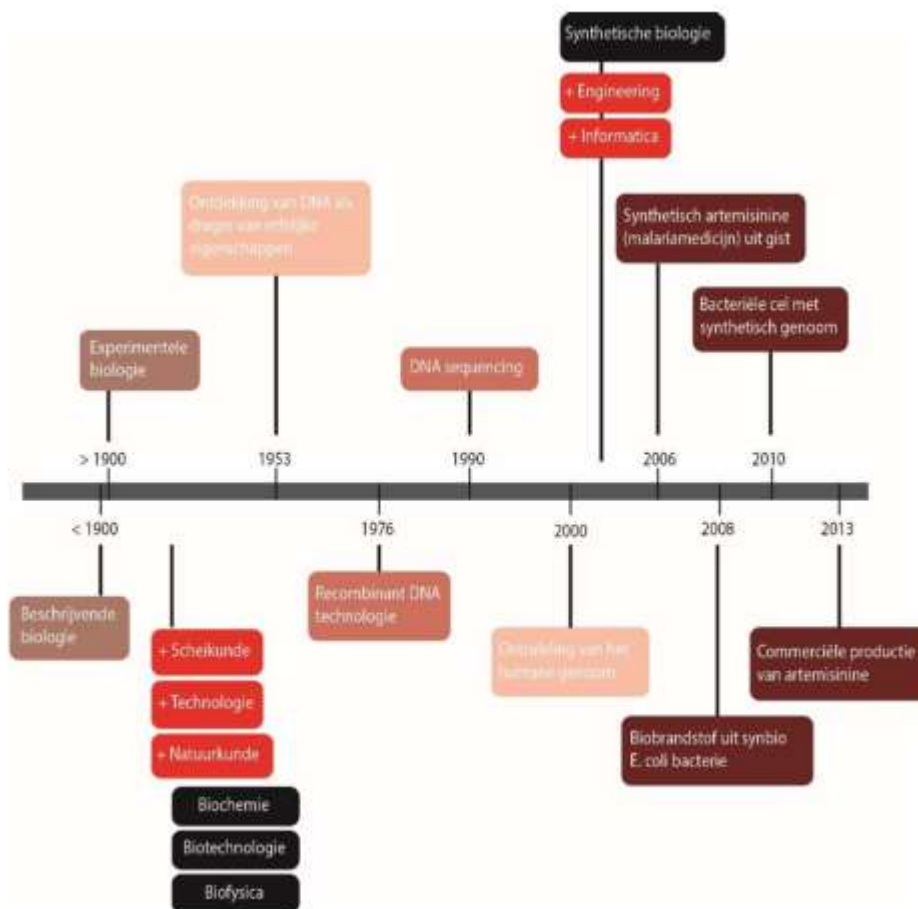
In het tweede deel van het filmpje wordt een aantal toepassingen van synthetische biologie besproken. Vul de tabel hieronder verder in.

Technieken	Toepassingen
DNA knippen en plakken / recombinant DNA technologie	<i>E. chromi</i> : detecteert verschillende concentraties van een giftige stof

Geschiedenis

Toen biologen aan het begin van de 20^e eeuw gingen samenwerken met natuurkundigen, scheikundigen en technologen leidde dit tot grote ontwikkelingen. Voorbeelden hiervan zijn de opkomst van de biotechnologie en de ontwikkeling van nieuwe technieken, zoals de recombinante DNA-technologie en DNA-sequencing. Toen biologen aan het begin van de 21^e eeuw ook gingen samenwerken met informatici en engineers (ontwerpers/bouwers), leidde dit tot de opkomst van de synthetische biologie (zie figuur 1).

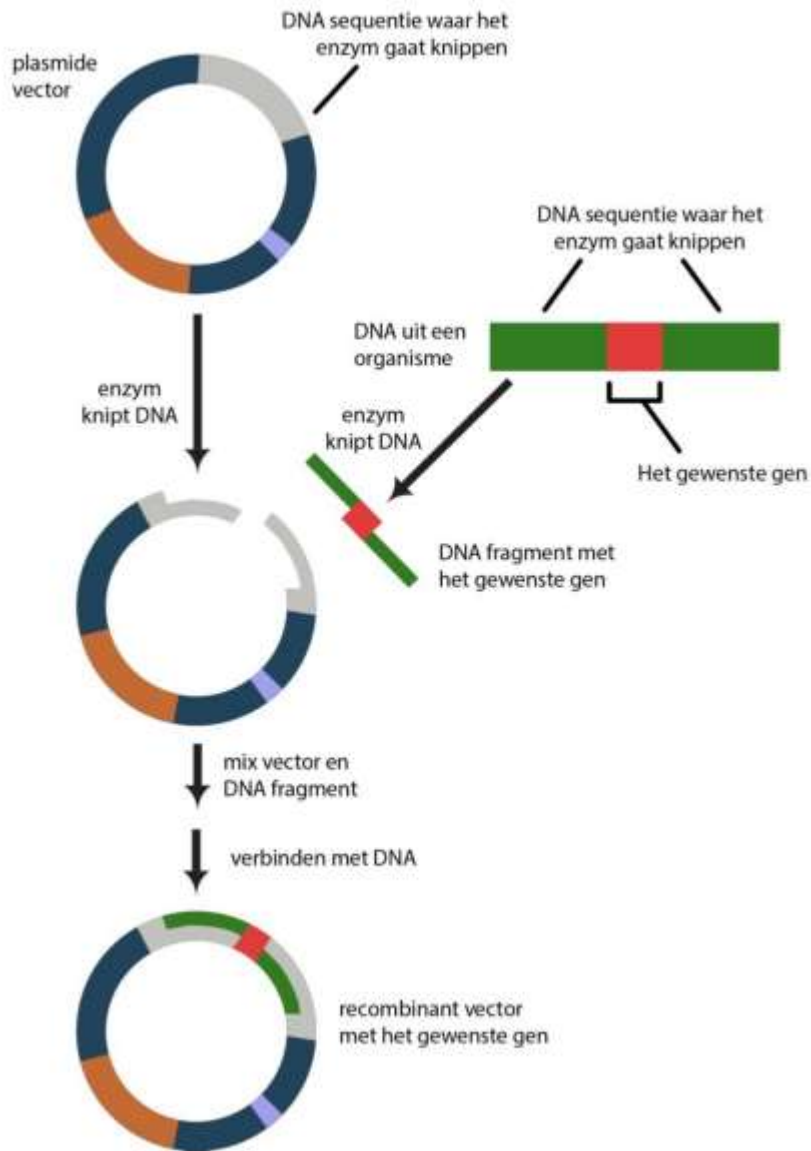
Synthetische biologie is dus een wetenschapsgebied waarin verschillende specialismes samenwerken. In de synthetische biologie worden bestaande technieken, zoals de recombinante DNA-technologie en DNA-sequencing, verder ontwikkeld. Met deze vernieuwde technieken kunnen onderzoekers nieuwe biologische systemen ontwerpen en bouwen. Ze kunnen bijvoorbeeld nieuwe functies in een cel, weefsel of organisme brengen, of zelf nieuwe cellen creëren met synthetische biologie.



Figuur 1: Geschiedenis van synthetische biologie

Technieken

Synthetische biologie is gebaseerd op de **recombinant DNA-technologie**. In figuur 2 kun je nog eens bekijken hoe dit werkt.



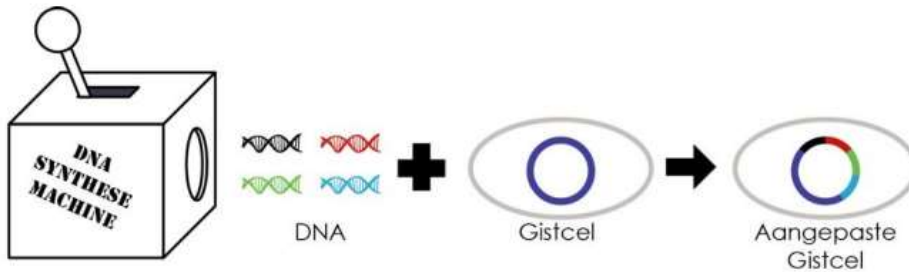
Figuur 2: Recombinante DNA-technologie

Met synthetische biologie hoeven onderzoekers de gewenste stukken DNA niet meer te knippen uit bestaand DNA: ze kunnen het gewenste DNA zelf ontwerpen en dan bestellen via internet. Het DNA wordt dan gemaakt door een machine, met suiker als grondstof. Ook kunnen onderzoekers via een onlinedatabase **BioBricks** bestellen. Dit zijn stukken DNA met een bepaalde functie (ze coderen bijvoorbeeld voor een bepaald eiwit), die zo ontworpen zijn

dat je ze gemakkelijk met elkaar kunt combineren. BioBricks worden daarom ook wel 'plug-and-play DNA' genoemd. Er zijn verschillende soorten BioBricks, bijvoorbeeld:

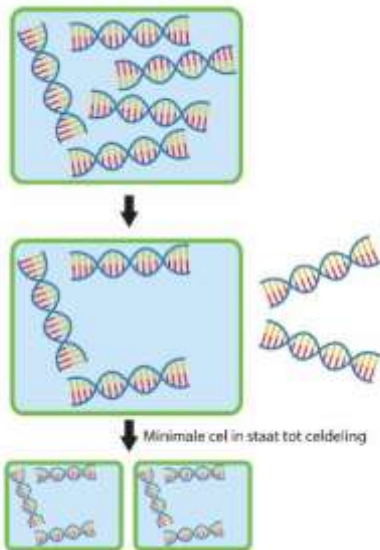
- BioBricks met alleen een coderend gen of een onderdeel van het DNA dat een gen kan reguleren.
- BioBricks die het coderende gen bevatten en ook alle onderdelen die dit gen reguleren.
- BioBricks van meerdere genen die samen een functie uitvoeren.

Onderzoekers kunnen BioBricks gebruiken om een bestaand organisme, een gistcel bijvoorbeeld, aan te passen. Dit gaat dan als volgt (figuur 3):

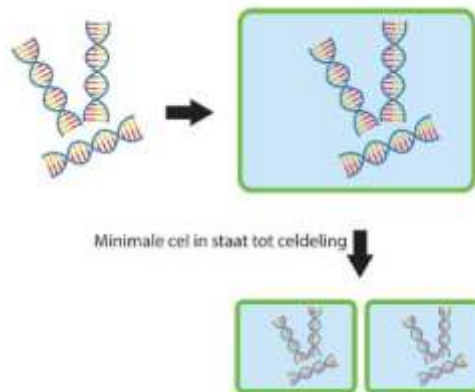


Figuur 3: Een gastheer aanpassen met synthetische biologie technieken. In dit geval is de gastheer een gistcel.

Onderzoekers proberen ook om **minimale cellen** te creëren. Dit zijn cellen die allen de genen bevatten die nodig zijn om te overleven. In de toekomst kunnen onderzoekers mogelijk BioBricks toevoegen aan deze minimale cellen, om de cellen een bepaalde functie te laten uitvoeren, zoals het produceren van een medicijn.



Figuur 4: Minimale cel gemaakt op de top-down manier



Figuur 5: Minimale cel gemaakt op de bottom-up manier

Minimale cellen kunnen op twee manieren worden gemaakt: top-down en bottom-up. **Top-down** betekent dat een onderzoeker in een bestaande cel aanpassingen maakt. Om een minimale cel te maken haalt de onderzoeker zoveel mogelijk genen uit de cel, totdat alleen

de genen overblijven die de cel nodig heeft om te kunnen overleven en delen (figuur 4). **Bottom-up** betekent dat de onderzoeker zelf vanuit niets een cel bouwt. De onderzoeker schrijft zelf het DNA, of maakt gebruik van BioBricks. Door alleen de genen te kiezen die de cel nodig heeft om te kunnen overleven en delen, krijg je een minimale cel (figuur 5).

Toepassingen

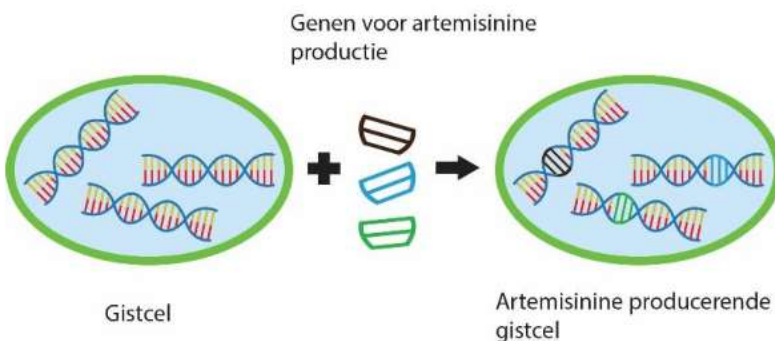
Synthetische biologie wordt pas sinds een tiental jaren gebruikt, maar er is al een aantal indrukwekkende toepassingen ontwikkeld.

Goedkoop medicijn tegen malaria

Het malariamedicijn **artemisinine** werd oorspronkelijk gewonnen uit het plantje zomeralsem. Deze productiewijze zorgde voor een duur medicijn, en er was niet altijd voldoende beschikbaar. Door met synthetische biologie de genen voor artemisinineproductie te synthetiseren en in gist in te brengen (figuur 6), kunnen gisten het medicijn nu snel en goedkoop produceren in een reactorvat. Een farmaceutisch bedrijf maakt op deze manier artemisinine, dit levert zo'n 100 miljoen malariabehandelingen per jaar op.



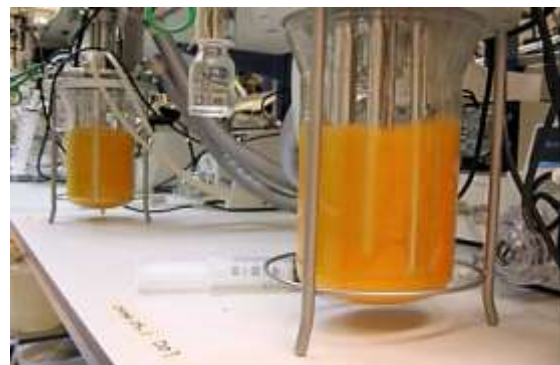
Zomeralsem



Figuur 6: De gesynthetiseerde genen voor de productie van artemisinine worden in het DNA van gist ingebouwd. De gist kan nu artemisinine produceren.

Duurzame brandstof

Bio-ethanol is een alcohol die gebruikt kan worden als duurzame autobrandstof. Bio-ethanol wordt gemaakt met behulp van bakkergist, dat suikers uit maïs in bio-ethanol om kan zetten. Dit kan tot gevolg hebben dat maïs als voedingsproduct te duur wordt. Met synthetische biologie is het mogelijk om in plaats van maïs restproducten van landbouwgewassen, zoals stro en maïsloof, als grondstof voor bio-ethanol te gebruiken. Dit is gerealiseerd door genen aan bakkergist toe te voegen die de suikers uit restproducten in bio-ethanol om kunnen zetten. De eerste fabriek die op deze manier bio-ethanol maakt, is in 2014 geopend.



Lab waar gisten rest-suikers omzetten in bio-ethanol (op de sectie Industriële Microbiologie van de TU Delft).

Opdracht 6

Schrijf de definitie van synthetische biologie op en leg uit hoe synthetische biologie verschilt van de traditionele recombinant DNA-technologie.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Opdracht 7

Wat is jouw mening over het maken van de volgende organismen/producten? Leg je standpunt uit.

- a. Goedkoop anti-malariamedicijn (artemisinineproducerende bacterie)

.....

.....

.....

.....

.....

- b. Lichtgevende planten

.....

.....

.....

.....

.....

- c. Duurzame brandstof (bio-ethanolproducerende bacterie)

.....

.....

.....

.....

.....

d. Gesynthetiseerd humaan genoom (het complete humane genoom gemaakt door een machine)

.....

.....

.....

.....

.....

ONDERDEEL 4

De beste handelwijze: Een open dialoog

Video

Je krijgt een video te zien over een fictief toekomstscenario van een synthetische biologiecrisis. Werk samen met twee klasgenoten aan de volgende opdracht, na het zien van het filmpje.



https://www.youtube.com/watch?v=GhjOQck8E_k

Opdracht 8

De video presenteert een voorbeeld van een fictieve synthetische biologiecrisis veroorzaakt door een genetische mutatie. In het filmpje komen de volgende betrokkenen naar voren:

1. Boeren
2. Synthetische biologie-industrie
3. Wetenschappers
4. Wereld Gezondheidsorganisatie
5. Bevolking

Reflecteer met je klasgenoten over de hypothetische relatie tussen elke groep en synthetische biologie **voordat** de crisis ontstond. Bijvoorbeeld:

1. Boeren

- ❖ Boeren waren alleen bezorgd over hun gewassen en verkoop
- ❖ Boeren waren op de hoogte van de risico's maar waren alleen geïnteresseerd in rijk worden
- ❖ Boeren hebben de risico's van synthetische biologie nooit begrepen
- ❖ Boeren dachten dat de wetenschappers veiligheid waarborgden
- ❖ Er waren maar enkele boeren die synthetische biologie niet vertrouwden

2. Synthetische biologie-industrie

.....
.....
.....
.....
3. Wetenschappers

.....
.....
.....
.....
.....
.....
4. Wereldgezondheidsorganisatie

.....
.....
.....
.....
.....
.....
5. Populatie

Open dialoog

Tijdens deze module heb je geleerd over de ongelofelijke mogelijkheden van synthetische biologie, maar ook over de nadelen en de morele kwesties van de techniek. Tijdens de klassikale dialoog zal je vanuit verschillende perspectieven de afweging maken of sommige synthetisch biologische toepassingen en reglementen raadzaam zijn of niet.

Opdracht 9

Schrijf, nadat de dialoog is afgelopen, hieronder de argumenten die jij belangrijk vindt en die genoemd werden in de dialoog, en die in relatie staan tot de **wenselijkheid** van synthetische biologie.

	Wenselijkheid
Vooruitgang Wat kan synthetische biologie produceren in het kader van vooruitgang? Zitten er nadelen aan deze vooruitgang?	
Economie Wat kan synthetische biologie produceren in het kader van economische groei? Kan het leiden tot oneerlijke verdeling van winst? Of kan het negatieve economische effecten hebben? En wie zullen worden beïnvloed hierdoor?	
Risico's Wat zijn de potentiële risico's van synthetische biologie? Wat zijn de risico's voor de mens en de natuur?	
Ethiek Is synthetische biologie ethisch verantwoord? Is het toegestaan en willen we dit? Waar trekken we de lijn?	

Opdracht 10

Welke handelswijze kunnen we het beste ondernemen in de ontwikkeling van synthetische biologie?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....