rijksuniversiteit groningen

KnowLands

Bèta-modules voor vwo 3 en 4



rug.nl/knowlands

Colofon

Het lespakket ‘Knowlands BÈTA’ is een lessenserie over wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden voor klas 3 en 4 van het vwo, ontwikkeld door de Scholierenacademie van de Rijksuniversiteit Groningen. Het lespakket bestaat uit docentenhandleidingen, werkbladen voor leerlingen en online afleveringen. Aanvullende informatie is beschikbaar via rug.nl/knowlands.

Met medewerking van:
Wetenschappers RUG: Judith Paridaen, Jorge Perez en Paolo Pescarmona
Redactie: Niels Alberts, Hedwig Fossen, Rosalie Krale, Floor Kuipers, Marco Schots, Douwe van der Tuin en Emmanuel Vrionakis
Externe redactie: Cathelijne de Busser
Filmmateriaal: Ruben Zeevat
Externe filmer: Koen de Koning van Last Tuesday
Presentatie: Meriam Tuinhof
Regie: Reinder Klinkhamer
Illustraties: Kim Veenman
Omslag: Job ter Horst
Vormgeving: Rick Jan Molanus

Bij de samenstelling van dit lespakket is getracht alle rechthebbenden te achterhalen en te contacteren. Indien u meent dat dit niet het geval is, dan kunt u contact opnemen met scholierenacademie@rug.nl.

INHOUDSOPGAVE KNOWLANDS BÈTA

Welkom bij Knowlands BÈTA 5
- Inleiding Knowlands BÈTA 5
- Leerlijn onderzoeksvaardigheden 5
- Lesmateriaal 5
- Hulpkaarten 5
- Onderzoekscyclus 6
- Lessenoverzicht 7
- Eigen onderzoek 7

Docentenhandleiding lessenserie 1: 'Hersenonderzoek in zebravissen 9
- Over de wetenschapper: Judith Paridaen 10
- Opbouw lessen 11
- Les 1: 'Judith de wetenschapper' 12
- Les 2: 'Onderzoek naar hersenontwikkeling' 19
- Les 3: 'Onderzoek naar zebravissen' 29

Leerlingmateriaal lessenserie 1: 'Hersenonderzoek in zebravissen' 45
- Werkbladen les 1 46
- Werkbladen les 2 55
- Werkbladen les 3 65

Docentenhandleiding lessenserie 2: 'Error!?' 75
- Over de wetenschapper: Jorge Pérez 76
- Opbouw lessen 77
- Les1: 'Jorge de wetenschapper' 78
- Les 2: 'De wiskundige wereld van de logica' 85
- Les 3: 'Onderzoek doen in de wiskundige informatica' 96

Leerlingmateriaal lessenserie 2: 'Error!?' 109
- Werkbladen les 1: 110
- Werkbladen les 2: 116
- Werkbladen les 3: 128

Docentenhandleiding lessenserie 3: 'Katalysator tot duurzame chemie' 140
- Over de wetenschapper: Paolo Pescarmona 141
- Opbouw lessen 142
- Les 1: 'Paolo de wetenschapper' 143
- Les 2: 'Chemische industrie en groene chemie 148
- Les 3: 'Hoe werken katalysatoren' 158

Leerlingmateriaal lessenserie 3: ‘Katalysator tot duurzame chemie’ 170

Werkbladen les 1: 171
Werkbladen les 2: 177
Werkbladen les 3: 188

Inleiding Knowlands BÈTA

Welkom op het bèta-terrein van 'Knowlands'. Hier vind je wetenschappers van de faculteiten Science and Engineering en Medische Wetenschappen die je meenemen in hun onderzoek. Net als festivalbezoekers die al ontdekkend het festival verkennen, zijn ook wetenschappers nieuwsgierig en vol verwondering over hun omgeving. Die nieuwsgierigheid en verwondering inspireert, roept steeds nieuwe vragen op en maakt wetenschap uitdagend en leuk.

De bètawetenschappers die je zult tegenkomen zijn ontwikkelingsbiologe Judith Paridaen, wiskundige Jorge Perez en scheikundige Paolo Pescarmona. Judith neemt je mee naar haar lab waar ze hersenontwikkeling onderzoekt in zebravissen. Jorge laat zien hoe fouten in software kunnen sluipen en hoe hij daar onderzoek naar doet. Paolo, tot slot, verkent hoe chemie door katalysatoren kan bijdragen aan een duurzame wereld.

In de lessen maken leerlingen kennis met de wetenschappers, zien zij hoe deze wetenschappers onderzoek doen en gaan ze zelf aan de slag met onderzoeksvaardigheden. De lessen zijn gericht op de derde en vierde klas van het vwo.

Leerlijn onderzoeksvaardigheden

Dit lespakket draagt bij aan de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden bij leerlingen. Dit lespakket bouwt daarmee voort op 'Expeditie Onderzoek', het lespakket van de Scholierenacademie over onderzoeksvaardigheden voor klas 1 en 2 van het havo en vwo (zie www.rug.nl/expeditieonderzoek), en bereidt de leerling voor op het profielwerkstuk. Knowlands BÈTA is ook als losstaand lespakket te gebruiken.

Lesmateriaal

Knowlands BÈTA is opgebouwd aan de hand van online afleveringen met wetenschappers en bijbehorend lesmateriaal. In dit lespakket vind je alle docentenhandleidingen en werkbladen voor leerlingen. De online afleveringen zijn te vinden op de website rug.nl/knowlands Bij de afzonderlijke lessen vind je een introductie van de betrokken wetenschapper, een toelichting van de les met de leerdoelen, het lesprogramma en (een verwijzing naar) het benodigde materiaal.

Hulpkaarten

Parallel aan dit lespakket heeft de Scholierenacademie zogenaamde hulpkaarten ontwikkeld. Hulpkaarten zijn kaarten voor leerlingen met uitleg over onderzoeksvaardigheden. Voor elke vaardigheid die je nodig hebt om onderzoek te doen, is een hulpkaart beschikbaar. Daar staat op wat de vaardigheid inhoudt, waarom dat van belang is en hoe je de vaardigheid moet toepassen. Voorbeelden van vaardigheden die op de hulpkaarten worden uitgelegd zijn: een onderzoeksvraag opstellen, bronnen zoeken, kritisch denken, interviewen en een conclusie trekken. In het lesmateriaal van Knowlands zijn verschillende hulpkaarten opgenomen, zodat leerlingen de hulpkaarten kunnen gebruiken als ze nog niet voldoende kennis of vaardigheden hebben.

Verder vind je in dit lespakket een handreiking om zelf een onderzoeksproject voor leerlingen op te stellen, met hulp van hulpkaarten en tips om leerlingen door de fasen van de onderzoekscyclus te begeleiden.

Onderzoekscyclus

De onderzoekscyclus geeft weer hoe je systematisch onderzoek kunt doen. In deze lessenserie maken we gebruik van de onderzoekscyclus in de vorm van onderstaande festivalposter:



Fase 1: verwondering

Je leest of ziet iets wat je verbaast, wat je beter wilt begrijpen, of waar je misschien wel boos van wordt. Je besluit om hierover onderzoek te doen.

Fase 2: verkenning

Je gaat je verdiepen in je onderzoeksonderwerp, want je moet eerst weten wat hierover al bekend is. Hiervoor ga je informatie zoeken en lezen. Let bij de selectie van de informatie wel op de kwaliteit en de betrouwbaarheid.

Fase 3: onderzoeksvraag en hypothese

Nadat je je hebt ingelezen over een onderwerp stel je een onderzoeksvraag op. Deze vraag moet relevant, urgent, duidelijk, afgebakend en uitvoerbaar zijn.

Fase 4: onderzoeksplan

Op basis van je onderzoeksvraag stel je een onderzoeksplan op. Daarin staat welke methode je gaat gebruiken, waar, wanneer en hoe je die methode gaat uitvoeren, en waarom je dat op deze manier gaat doen.

Fase 5: uitvoering
Je voert het onderzoeksplan uit om antwoord te krijgen op je onderzoeksvraag. Dit doe je zorgvuldig en precies. Vervolgens analyseer je de gegevens die je hebt verzameld.

Fase 6: conclusies en discussies
Op basis van de resultaten van je onderzoek trek je conclusies. Hiermee beantwoord je de onderzoeksvraag. In de discussie evalueer je het onderzoek: Heb je fouten gemaakt? Welke beperkingen waren er in je onderzoek? Hoe verhouden je resultaten zich tot de theorie die je hebt gelezen? Op welke manieren kan dit onderzoek worden voortgezet?

Fase 7: presentatie
Als je onderzoek is uitgevoerd, moet je je bevindingen delen. Dit kan op allerlei manieren, bijvoorbeeld met een mondelinge presentatie, een verslag of een poster. De presentatie van het onderzoek kan voor jezelf of voor anderen weer nieuwe vragen oproepen, waarmee je een nieuwe cyclus kunt starten.

Lessenoverzicht

Lessenserie 1: Hersenonderzoek in zebravissen
- Les 1: Judith de wetenschapper
- Les 2: Onderzoek naar hersenontwikkeling
- Les 3: Onderzoek doen met zebravissen

Sluit aan bij het vak biologie.

Lessenserie 2: Error?!
- Les 1: Jorge de wetenschapper
- Les 2: De wiskundige wereld van de logica
- Les 3: Onderzoek doen in de wiskundige informatica

Sluit aan bij de vakken wiskunde, informatica en filosofie.

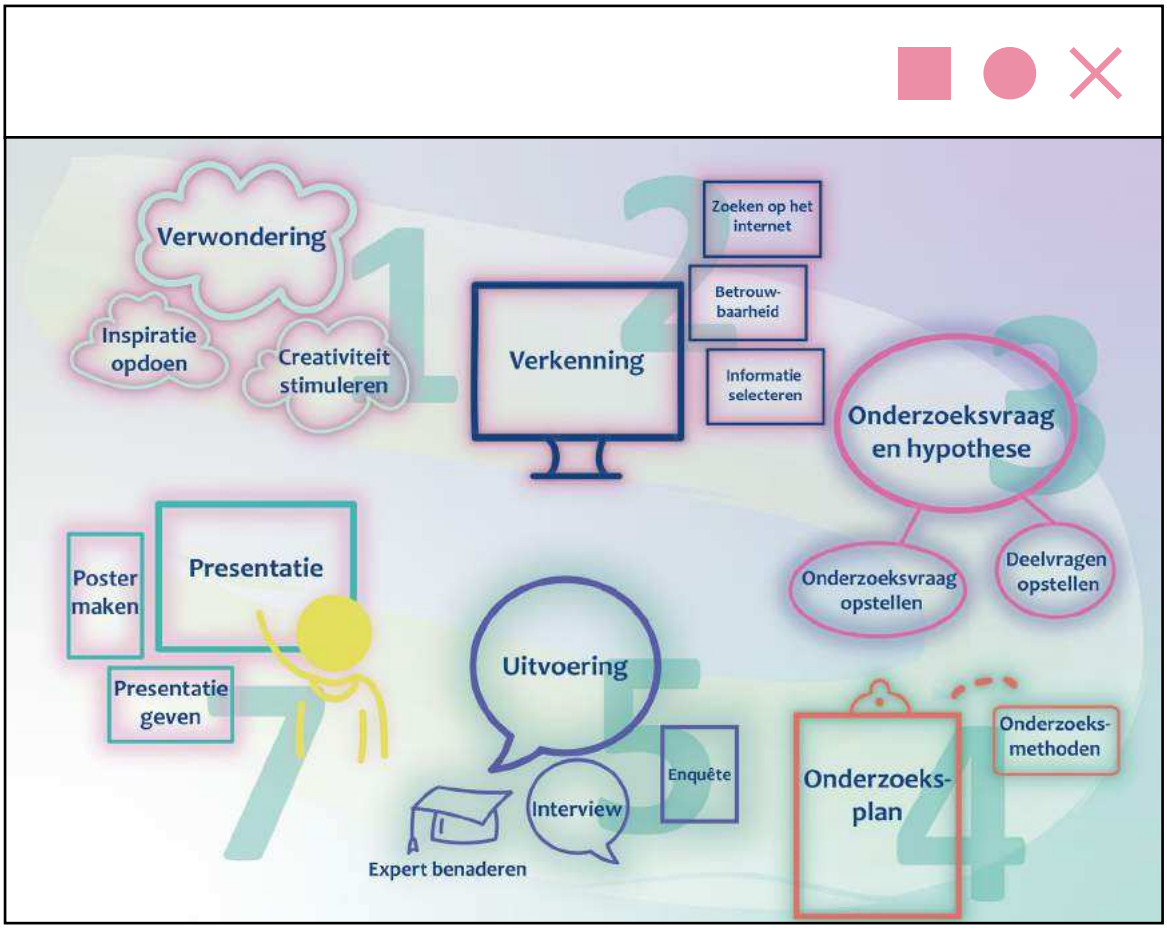
Lessenserie 3: De katalysator tot duurzame chemie
- Les 1: Paolo de wetenschapper
- Les 2: Chemische industrie en groene chemie
- Les 3: Onderzoek doen naar katalysatoren

Sluit aan bij het vak (natuur-) scheikunde.

Eigen onderzoek

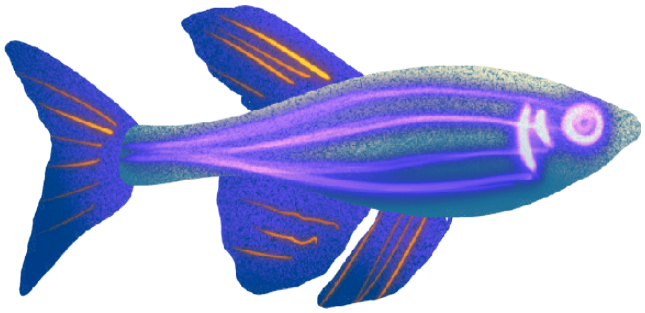
Leerlingen hebben in de lessen van Knowlands vele onderzoeksvaardigheden geleerd. Zo zijn leerlingen bijvoorbeeld bezig geweest met het opstellen van een onderzoeksvraag, conclusies trekken en het opstellen van een experiment. Daarmee bouwt dit lespakket voort op ‘Expeditie Onderzoek’ voor klas 1 en 2. Deze oefeningen kunnen een opstap zijn naar een eigen onderzoek van leerlingen, bijvoorbeeld een mini-pws. Voor het eigen onderzoek kunnen de leerlingen gebruik maken van de hulpkaarten, waar ook naar gerefereerd wordt in het lespakket. De hulpkaarten bieden specifieke ondersteuning bij het doen van onderzoek. Deze hulpkaarten, inclusief docentenhandleiding, zijn los te bestellen via rug.nl/knowlands

De hulpkaarten kunnen bouwstenen zijn voor een eigen onderzoek. Zo zou je als docent de leerlingen onderstaand pad van hulpkaarten kunnen aanbieden, zodat de leerling gestructureerd een eigen onderzoek kan uitvoeren.



LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1

Docentenhandleiding



Hersenonderzoek in zebravissen

Judith Paridaen

Inleiding

De hersenontwikkeling van jongeren is nog in volle gang. Tot 25-jarige leeftijd blijven de hersenen zich ontwikkelen. Rond de puberteit is de communicatie tussen de verschillende hersengebieden nog niet in balans, waardoor jongeren vaak tegenstrijdig gedrag vertonen en gevoelig zijn voor beloningen. Daarnaast zijn er verschillende externe factoren die van invloed kunnen zijn op de hersenontwikkeling. Zo zorgt te weinig slaap bijvoorbeeld voor een minder goed geheugen. Ook alcohol en sociale media zijn in meer of mindere mate van invloed op de hersenen.

Er is echter nog veel onbekend over de hersenen. Wat is nou precies de oorzaak van dementie? Kunnen we ook dommer worden van te veel energiedrank? En hoe werken de verschillende hersenhelften samen? Wetenschappers doen onderzoek naar al dit soort onderwerpen die met de hersenen te maken hebben. In dit lespakket gaan we in op het onderzoek van dr. Judith Paridaen. Zij doet als celbioloog onderzoek naar de mechanismen die belangrijk zijn bij het vormen en onderhouden van een gezond brein. Met zebravissen als modelorganisme wil ze er onder andere achter komen welke genen van belang zijn om stamcellen in de hersenen te behouden.

Dit lespakket heeft verschillende doelen. Ten eerste leren leerlingen om kritisch te kijken naar de methode van een experiment, de benodigde materialen en een eventueel modelorganisme. Ten tweede leren leerlingen nadenken over dierproeven en over de verschillende meningen die hierover bestaan. Ten slotte gaan leerlingen ook zelf aan de slag door deelvragen en conclusies op te stellen. Zo komen gedurende de lessen verschillende fasen van de onderzoekscyclus aan bod.

Over de wetenschapper

Judith Paridaen

Judith Paridaen is celbioloog en werkt als onderzoeker bij het ERIBA (European Research Institute for the Biology of Ageing) aan de Rijksuniversiteit Groningen. In 2009 promoveerde ze aan de Universiteit Utrecht en het Hubrecht Instituut voor Stamcelonderzoek en Ontwikkelingsbiologie op een genoomonderzoek bij zebravissen.



Op dit moment richt haar lab in het ERIBA zich op de celbiologische mechanismen die belangrijk zijn bij de deling van stamcellen, zowel in ontwikkelend als in volwassen weefsel. Judith is vooral geïnteresseerd in de manier waarop stamcellen beslissen wanneer ze gaan delen en hoe ze bepalen wat voor type dochtercellen ze gaan produceren.

Judith maakt haar onderzoek regelmatig bekend aan de buitenwereld. Zo geeft ze publiekslezingen en doet ze mee aan science-cafés.

Opbouw lessen

	Doelen van de les	Onderzoeksfases	Verloop van de les
Les 1	Leerlingen leren.. • over wetenschap en wetenschappelijk onderzoek doen a.d.h.v. de onderzoekscyclus. • over de verschillende faculteiten binnen de RUG • hun eigen vooroordelen over wetenschappers te evalueren. • ideeën te creëren voor onderwerpen voor een eigen onderzoek.	• Fase 1: Verwondering	1a. Regel een Rij (± 7 min) 1b. Judith de wetenschapper (± 5 min) • Faculteiten (± 7 min) • Kijkvragen (± 10 min) • Onderzoekscyclus (± 10 min) • Plusopdracht: Eigen onderzoek (± 10 min)
Les 2	Leerlingen leren... • om een onderzoeksvraag te formuleren. • een hypothese te formuleren. • vanuit een onderzoeksvraag een eigen experiment op te zetten. • kritisch na te denken over dierproeven en het gebruik van modelorganismen.	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning	• Introductie: onderzoekscyclus (± 10 min) • Voorkennis (± 3 min) • Filmpje 'Judith op het lab' (± 10 min) • Kijkvragen beantwoorden (± 5 min) • Opdracht1: Wat is de invloed van...? (± 4 min) • Opdracht 2: Onderzoeken met dieren (± 10 min) • Opdracht3: Start je eigen experiment! (± 6 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les (± 3 min
Les 3	Leerlingen leren om... • informatiebronnen op het internet te zoeken. • de betrouwbaarheid van verschillende bronnen te beoordelen. • deelvragen te maken. • een hypothese op te stellen. • resultaten te interpreteren.	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag & hypothese • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusies & discussie	• Entreeticket (± 5 min) • Filmpje 'Judith onderzoekt hersencellen' (± 10 min) • Kijkvragen beantwoorden (± 3 min) • Opdracht 1: Op zoek naar bronnen (± 7 min) • Opdracht 2: Deel het op in deelvragen! (± 7 min) • Opdracht 3: Hoe trek jij conclusies? (± 10 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les (± 3 min)

LES 01

Les 1: Judith de wetenschapper

Leerdoelen	• Leerlingen leren over wetenschap en wetenschappelijk onderzoek doen aan de hand van de onderzoekscyclus. • Leerlingen leren over de verschillende faculteiten binnen de RUG. • Leerlingen evalueren hun eigen vooroordelen over wetenschappers. • Leerlingen creëren ideeën voor onderwerpen voor een eigen onderzoek.
Verloop van de les	De les bestaat uit 5 opdrachten 1. a. Regel een rij b. Judith de wetenschapper 2. Kijkvragen 3. Faculteiten 4. Onderzoekscyclus 5. Plusopdracht: eigen onderzoek
Onderzoeks-fases	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese • Fase 4: Onderzoeksplan • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusie en discussie • Fase 7: Presentatie
Voorbereiding docent	• **Werkbladen** uitprinten • **Introductiefilmpje** '*Over inspirerend onderzoek: Judith Paridaen*' klaarzetten • Eventueel materiaal **plusopdracht** uitprinten: de **hulpkaart** Inspiratie opdoen (één hulpkaart per 3 à 4 leerlingen, zie bijlage)

1.a / Regel een rij

Wat?
Leerlingen gaan een oordeel vormen over de invloed van opleidingsniveau van ouders/verzorgers op hun kind.

Hoe?
Introduceer de wetenschapper Judith. Vertel dat Judith wetenschapper is bij Medische Wetenschappen en dat ze onderzoek doet naar stamcellen. Laat leerlingen een rij (of kring) vormen waar het begin van de kring wordt gevormd door een leerling waarbij niemand uit het gezin heeft gestudeerd aan een universiteit. Op het einde van de kring moet een leerling staan waarbij iedereen uit het gezin gestudeerd heeft aan een universiteit. Doe als docent ook mee.

Stel de volgende vraag: Waar verwacht je dat Judith zou staan in de kring? Bespreek de verschillende antwoorden en argumentaties van de leerlingen. Vertel dat het antwoord straks in het filmpje wordt gegeven. Eerst gaan de leerlingen meer beelden over de wetenschapper opstellen.

1.b / De wetenschapper Judith

Wat?
Leerlingen gaan hun oordelen over 'de wetenschapper' delen.

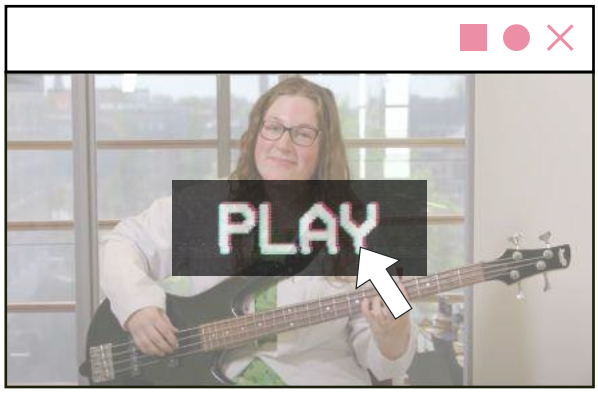
Hoe?
Leerlingen gaan een mindmap maken over 'de wetenschapper' op het werkblad. Wijs leerlingen erop dat ze alles mogen opschrijven waar zij aan denken bij Judith. Gebruik eventueel de hulpkaart 'Mindmap maken' op het werkblad om het creatieve proces op gang te brengen.
Bespreek na een aantal minuten de opdracht klassikaal. Heeft iedereen eenzelfde beeld van wat een wetenschapper doet of hij/zij eruitziet?



2 / Kijkvragen

Wat?
Leerlingen gaan het filmpje '*Over inspirerend onderzoek: Judith Paridaen*' kijken en nadenken of het beeld dat ze van Judith hebben klopt.

Hoe?
Leerlingen kunnen de vragen op het werkblad invullen na het filmpje. Bespreek na het invullen de antwoorden klassikaal.



Vragen in het werkblad

1 Komt jouw beeld over Judith (zie opdracht 1.b) overeen met wat je in het filmpje hebt bekeken? Leg je antwoord uit.

2 Komt je antwoord op de vraag van opdracht 1.a overeen met wat Judith in het filmpje vertelt? Waarom wel/niet?

3 Mark stelt: "Een wetenschapper is vaak een man met slimme ouders die alleen maar boeken aan het lezen is en geen tijd heeft voor hobby's". Beargumenteer waarom dit vooroordeel niet klopt.

4 Wanneer is Judiths interesse voor biologie ontstaan?

5 Wat was de aanleiding voor Judith om medische biologie te studeren?

6 Vraag van Judith: "Wat vond jij op de basisschool echt waanzinnig leuk?"

Vallend kwartje

- *Leerlingen zien in dat een wetenschapper niet uitsluitend iemand is waarvan de ouders hebben gestudeerd aan een universiteit*
- *Leerlingen zien in dat een wetenschapper niet alleen maar met zijn of haar werk bezig is.*

3 / Faculteiten

Wat?
Leerlingen gaan nadenken over de verschillende faculteiten binnen de Rijksuniversiteit Groningen.

Hoe?
Leerlingen kunnen de vragen op het werkblad de steekwoorden verbinden met de faculteit. Laat leerlingen nadenken over de vraag op welke faculteit zij zichzelf zien studeren.

Vallend kwartje

- *Leerlingen zien in dat er meerdere afdelingen zijn waar onderzoek wordt gedaan en dat onderzoek niet alleen in een lab (zoals door Judith) wordt gedaan.*
- *Leerlingen laten nadenken over welke onderwerpen zij interessant vinden.*

Faculteit	Steekwoorden
Economie en Bedrijfskunde	Efficiënt produceren, organisatie financieel gezond, analyseren van krachten en zwakheden van een organisatie, effectievere marktstrategieën, goedlopende ondernemingen.
Gedrags- en Maatschappijwetenschappen	Opvoeding, onderwijs, jongeren, betere maatschappij, menselijk gedrag
Godgeleerdheid en Godsdienstwetenschap	Religie, politiek, invloed van religies op samenlevingen
Letteren	Archeologie, cultuurstudies, geschiedenis, internationale betrekkingen, journalistiek, letter- en taalkunde.
Medische Wetenschappen	Anatomie, fysiologie, medicijnen.
Rechtsgeleerdheid	Privaatrecht, ondernemingsrecht, strafrecht, arbeidsrecht
Ruimtelijke wetenschappen	Technische planologie, economische structuren, aardrijkskunde
Science and Engineering	Toegepaste wiskunde, sterrenkunde, chemische reacties, medicijnen
Wijsbegeerte	Kritisch redeneren, filosofie

Tip!

Er staat twee keer 'medicijnen' bij de steekwoorden. Bij Science and Engineering wordt onderzoek gedaan naar medicijnproductie en medicijnwerking. Voor iemand die geneeskunde studeert, werd vroeger de uitspraak "medicijnen studeren" als synoniem gebruikt. Bij geneeskunde bestudeer je de klinische werking van medicijnen bij mensen.

4 / Onderzoekscyclus

Wat?
Leerlingen maken kennis met de onderzoekscyclus aan de hand van verschillende uitspraken van Judith.

Hoe?
Op het werkblad staan een aantal uitspraken van Judith. Leerlingen gaan deze analyseren en de juiste fase koppelen aan de inhoud. De onderzoekscyclus staat afgebeeld op het werkblad plus een korte beschrijving per fase.



Onderzoekscyclus

Fase 1: verwondering

Je leest of ziet iets wat je verbaast, wat je beter wilt begrijpen, of waar je misschien wel boos van wordt. Je besluit om hier onderzoek naar te doen.

Fase 2: verkenning

Je gaat je verdiepen in je onderzoeksonderwerp, want je moet eerst weten wat hierover al bekend is. Hiervoor ga je informatie zoeken en lezen. Let bij de selectie van de informatie wel op de kwaliteit en de betrouwbaarheid.

Fase 3: onderzoeksvraag en hypothese

Nadat je je hebt ingelezen over een onderwerp, stel je een onderzoeksvraag op. Deze vraag moet relevant, urgent, duidelijk, afgebakend en uitvoerbaar zijn.

Fase 4: onderzoeksplan

Op basis van je onderzoeksvraag stel je een onderzoeksplan op. Daarin staat welke methode je gaat gebruiken, waar, wanneer en hoe je die methode gaat uitvoeren, en waarom je dat op deze manier gaat doen.

Fase 5: uitvoering

Je voert het onderzoeksplan uit om antwoord te krijgen op je onderzoeksvraag. Dit doe je zorgvuldig en precies. Vervolgens analyseer je de gegevens die je hebt verzameld.

Fase 6: conclusies en discussies

Op basis van de resultaten van je onderzoek trek je conclusies. Hiermee beantwoord je de onderzoeksvraag. In de discussie evalueer je het onderzoek: Heb je fouten gemaakt? Welke beperkingen waren er in je onderzoek? Hoe verhouden je resultaten zich tot de theorie die je hebt gelezen? Op welke manieren kan dit onderzoek worden voortgezet?

Fase 7: presentatie

Als je onderzoek is uitgevoerd, moet je je bevindingen delen. Dit kan op allerlei manieren, bijvoorbeeld met een mondelinge presentatie, een verslag of een poster. De presentatie van het onderzoek kan voor jezelf of voor anderen weer nieuwe vragen oproepen, waarmee je een nieuwe cyclus kunt starten.



Vallend kwartje

Leerlingen zien dat onderzoek bestaat uit verschillende fases.

Antwoordmodel

“Ik wil erachter komen welke mechanismen belangrijk zijn bij het vormen en onderhouden van een gezond brein”. **2, 3**

“Ik werd weer helemaal verliefd op hoe mooi en interessant ontwikkelde embryo’s zijn, en mijn interesse in wat er in stamcellen allemaal gebeurt, werd geboren!” **1**

“De CRISPR-Cas techniek gebruik ik wel eens bij mijn onderzoek.” **4, 5**

“Ik gebruik verschillende zoekmachines voor het vinden van bronnen.” **2**

“Achteraf beschrijf ik hoe ik mijn onderzoek de volgende keer beter kan uitvoeren.” **6**

“Ik presenteer geregeld onderzoeksresultaten aan vakgenoten.” **7**

“Als een onderzoek gepubliceerd wordt in een wetenschappelijk tijdschrift, ben ik altijd erg trots.” **7**
“Bij een experiment gebruik ik altijd een labjournaal.” **4, 5**

“Vaak komen mijn onderzoeksresultaten overeen met eerdere resultaten die ik in andere onderzoeken heb gedaan.” **6**

“Soms moet je je onderzoek wijzigen omdat je onvoorziene hobbels tegenkomt in je onderzoek.” **3, 4, 5**

“Het is erg interessant om te lezen wat vakgenoten over een onderwerp hebben geschreven.” **2**

Plusopdracht: je eigen onderzoek

Wat?
Leerlingen kruipen in de huid van de wetenschapper en gaan onderzoeken waar ze zelf onderzoek naar zouden willen doen.

Hoe?
Leerlingen gebruiken de hulpkaart Inspiratie opdoen. Ze noteren welke vragen/ onderwerpen ze interessant vinden.

Vallend kwartje
Leerlingen zien dat je onderzoek kunt doen binnen je interessegebied.

LES 02

Les 2: Onderzoek naar hersenontwikkeling

Leerdoelen	Leerlingen leren om… • …een onderzoeksvraag te formuleren. • …een hypothese te formuleren. • …vanuit een onderzoeksvraag een eigen experiment op te zetten. • …kritisch na te denken over dierproeven en het gebruik van modelorganismen.
Verloop van de les	• Introductie: onderzoekscyclus • Voorkennis • Filmpje '*Judith op het lab*' • Kijkvragen beantwoorden • Opdracht1: *Wat is de invloed van…?* • Opdracht 2: *Onderzoeken met dieren.* • Opdracht 3: *Start je eigen experiment!* • Opdrachten bespreken en afsluiting les.
Onderzoeks-fases	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese • Fase 4: Onderzoeksplan
Voorbereiding docent	• **Werkbladen** uitprinten • **Filmpje** '*Judith op het lab*' klaarzetten • **Hulpkaart** Onderzoeksvraag opstellen uitprinten (één hulpkaart per 3 à 4 leerlingen, zie bijlage)

Introductie: onderzoekscyclus

Wat?
Deze lessenserie gaat over onderzoek naar de hersenen. Leerlingen maken via filmpjes kennis met Judith, die onderzoek doet naar stamcellen in de hersenen. Hierbij maakt ze gebruik van zebravissen als modelorganisme. De opdrachten richten zich op stap 1 t/m 5 van de onderzoekscyclus.

Werkwijze (± 5 minuten)

De les gaat van start met een aandachttrekkende opdracht: leerlingen krijgen een quiz over hoe gezond hun hersenen zijn. De quiz prikkelt hun nieuwsgierigheid en zet leerlingen aan het denken over factoren die van invloed zijn op de hersenen.
Deel het werkblad 'quiz' uit en geef leerlingen vijf minuten om deze in te vullen. Bespreek hierna klassikaal wat volgens hen de meeste positieve of negatieve invloed op hun hersenen heeft.

Uitleg (± 5 minuten)

Hierna volgt een uitleg over de onderzoekscyclus, die van belang is voor de rest van de opdrachten. Het kan zijn dat je hier weinig aandacht aan hoeft te besteden, omdat leerlingen al bekend zijn met de stappen van de onderzoekscyclus.

Fase 1: verwondering
Tijdens deze fase denk je na over welk onderzoek je wil gaan doen; welke vragen wil je beantwoorden? Dit kunnen ook vervolgvragen zijn van een vorig onderzoek!

Fase 2: verkenning
Voordat je onderzoek gaat doen, moet je je eerst verdiepen in het onderwerp. Dit doe je door informatie te verzamelen en je in te lezen.

Fase 3: onderzoeksvraag en hypothese
Na het inlezen weet je wat er nog niet bekend is over het onderwerp. Daarover gaat je onderzoeksvraag.

Fase 4: onderzoeksplan
Als je een goede onderzoeksvraag hebt, bedenk je eerst hoe je antwoord op de onderzoeksvraag kan krijgen en hoe het onderzoek uitgevoerd moet worden.

Fase 5: uitvoering
De volgende stap is het uitvoeren van het onderzoek. Hierbij verzamel je resultaten die antwoord kunnen geven op je onderzoeksvraag.

Fase 6: conclusies en discussies
Op basis van de resultaten kun je een conclusie trekken en dus ook antwoord geven op je onderzoeksvraag. Ook kun je nu de hypothese bevestigen of verwerpen.

Fase 7: presentatie
Om anderen over je onderzoek te informeren, schrijf je er een verslag over of geef je een presentatie.

Voorkennis

Wat?
Om het filmpje goed te kunnen begrijpen, is enige voorkennis vereist. De leerlingen gaan daarom aan de slag met twee korte opdrachten. In de eerste opdracht moeten ze begrippen verbinden aan een plaatje. In het tweede opdracht moeten ze aan de hand van de begrippen stamcellen en neuronen identificeren. De begrippen die aan bod komen, kunnen al bekend zijn bij de leerlingen aangezien ze bij de reguliere lesstof horen.

Werkwijze (± 3 minuten)

Gebruik bij deze opdracht bijvoorbeeld de werkvorm *Denken-Delen-Uitwisselen*. Dit betekent dat leerlingen eerst individueel hun antwoorden bedenken en noteren, deze antwoorden vervolgens in een tweetal delen en dat de antwoorden ten slotte klassikaal worden besproken.



Vallend kwartje
De leerlingen (her)ontdekken de betekenis van verschillende termen, zoals fenotype, genotype en stamcel.

Uitleg

De volgende begrippen komen aan bod:

Fenotype: de zichtbare eigenschappen van een organisme.

Modelorganisme: organismen die model staan voor de biologische processen in het menselijk lichaam (bijvoorbeeld muizen, ratten, fruitvliegjes of zebravissen).



Wervelkolom: een opeenstapeling van 32 wervels (bij de mens). Ook wel ruggengraat genoemd.

Gen: deel van een chromosoom dat de informatie bevat over één erfelijke eigenschap.

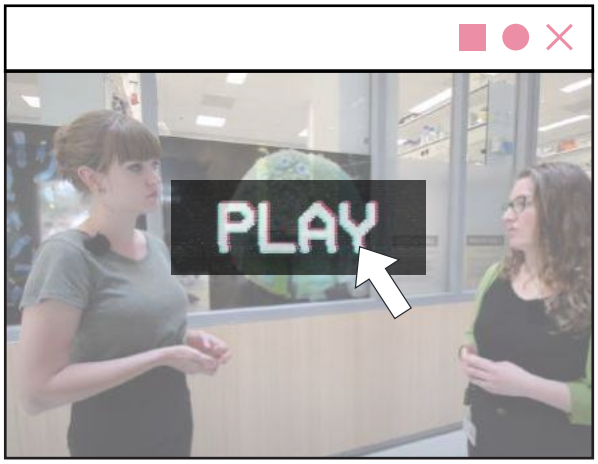
Genexpressie: het tot uiting komen van een gen. Genen kunnen aan of uit staan.

Stamcellen: cellen die zich nog niet of nog niet volledig hebben gespecialiseerd. Uit een stamcel kunnen door deling verschillende typen cellen ontstaan. Uit een volwassen stamcel kunnen zich alleen cellen ontwikkelen die zich in het orgaan bevinden waar de stamcel vandaan komt.

Neuron: Een ander woord voor zenuwcel. Zenuwcellen zijn prikkelbare cellen die door middel van verbindingen met andere cellen signalen kunnen ontvangen en doorgeven. Hiervoor hebben zenuwcellen kortere (dendrieten) en langere (axonen) uitlopers vanuit het cellichaam.

Filmpje 2: Judith op het lab

Wat?
De leerlingen kijken het eerste filmpje, 'Judith op het lab'. Het onderzoek van Judith wordt geïntroduceerd en leerlingen maken kennis met het concept van een modelorganisme. Ook komt de methode van een experiment aan bod: hoe zet je een experiment op en wat heb je daar allemaal voor nodig?



Werkwijze (± 3 minuten)

Zet het eerste filmpje klaar. Laat leerlingen de kijkvragen zelfstandig invullen en bespreek daarna klassikaal wat ze bij onderstaande vragen hebben ingevuld:

1 Noem twee redenen waarom Judith zebravissen als modelorganisme gebruikt voor haar onderzoek.

2 Waar gebruikt Judith de CRISPR-Cas-techniek voor?

3 Waarom is het belangrijk dat je bij een experiment slechts één factor tegelijk aanpast?

4 Wat doet Judith met de filmpjes die ze met de grote microscoop maakt?

Vallend kwartje
Leerlingen zien in wat het voordeel is van een zebravis als modelorganisme. Verder merken ze wat er komt kijken bij het opzetten van een experiment. Ze zien verschillende materialen, zoals een microscoop, en leren dat je in een experiment maar één factor mag veranderen ten opzichte van de controlegroep.

Uitleg

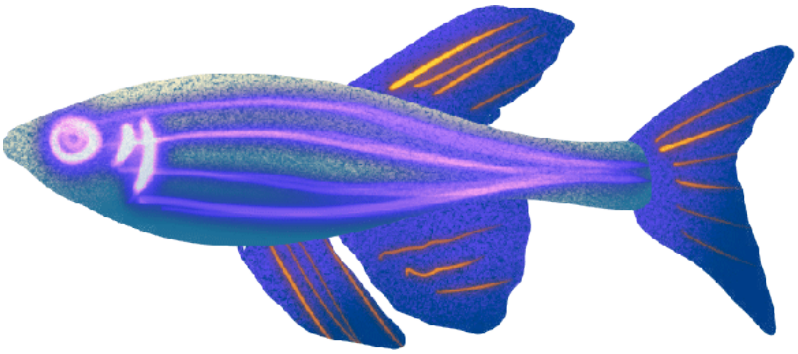
Om de kijkvragen te bespreken, staan hieronder de antwoorden op de vragen:

1

- We kunnen niet in levende mensen snijden;
- zebravissen zijn in hoge mate genetisch vergelijkbaar met mensen, ze zijn makkelijk te bekijken onder een microscoop;
- zebravissen delen makkelijk;
- zebravissen zijn goed genetisch aan te passen;
- zebravisembryo's voelen geen pijn.

2 CRISPR-Cas is bedoeld om specifieke genen in de zebravissen aan of juist uit te zetten.

3 Dit is belangrijk omdat je anders niet weet welke factor proces y (bijvoorbeeld het delen van cellen) beïnvloedt. In de ene groep pas je daarom één factor aan (gen aanpassen) en in de controlegroep pas je niks aan. Je kijkt dan naar het verschil tussen de experimentgroep en de controlegroep.



1 / Wat is de invloed van...?

Wat?
Om te leren wat een goede onderzoeksvraag is, krijgen leerlingen vijf verschillende onderzoeksvragen waarvan ze moeten aangeven of ze voldoen aan de eisen van een onderzoeksvraag. Vervolgens stellen ze zelf een onderzoeksvraag op.

Werkwijze (± 4 minuten)

1A

Op het werkblad staan vijf onderzoeksvragen. De leerlingen kunnen gebruik maken van de hulpkaart Onderzoeksvraag opstellen om elke onderzoeksvraag te beoordelen. Het is belangrijk dat leerlingen een reden geven waarom een onderzoeksvraag goed is of juist minder goed. De onderzoeksvragen zijn:

i Wat is de invloed van drinken op de hersenen?

ii Welke genen (stukjes DNA) spelen een belangrijke rol bij het delen van hersencellen?

iii Hoeveel hersencellen bevatten de hersenen?

iv Wat zijn belangrijke processen in de hersenontwikkeling?

v Wat is de invloed van energiedrank en alcohol op het concentratievermogen van jongeren?

1B
De leerlingen krijgen de opdracht om zelf een onderzoeksvraag over de hersenen te formuleren. Hiervoor krijgen ze een lijstje met verschillende factoren en processen in de hersenen die elkaar kunnen beïnvloeden. Ze kijken zelf welke ze met elkaar willen verbinden en hoe ze hier een goede vraag over stellen.



Vallend kwartje
Leerlingen zien in dat een nieuwsgierige vraag niet direct een onderzoeksvraag is. Ze leren dat een onderzoeksvraag nieuw, relevant en afgebakend moet zijn.

Uitleg

1A
Het gaat er bij deze opdracht om dat leerlingen kritisch leren kijken naar onderzoeksvragen. Ze kunnen dus ook andere redenen geven dan hier staan aangegeven; deze redenen bieden slechts een handvat:

i Dit is een slechte onderzoeksvraag. De vraag is niet genoeg afgebakend en niet duidelijk geformuleerd. Wat voor drinken wordt bedoeld (alcohol, water)? En wat voor invloeden op de hersenen? Is het de bedoeling om de verbindingen in de hersenen te onderzoeken of celdelingen in de hersenen bijvoorbeeld? En op welk hersengebied moet het onderzoek gefocust zijn?

ii Dit is een goede onderzoeksvraag en tevens een deelvraag uit Judiths onderzoek. Het is een specifieke en goed afgebakende vraag. Met de juiste materialen is dit ook te onderzoeken in het lab.

iii Slechte onderzoeksvraag. Dit is namelijk geen nieuwe vraag, maar een opzoekvraag. Het aantal hersencellen is al vaker onderzocht en is op internet te vinden. Het aantal verschilt natuurlijk per persoon, maar de gemiddelde hoeveelheid kun je zo opzoeken. Een experiment is hiervoor dus niet nodig.

iv Goede onderzoeksvraag en tevens een deelvraag in Judithss onderzoek. Je zou hier wel de kritische opmerking bij kunnen plaatsen dat het niet duidelijk is wat er onder het begrip ‘processen’ valt.

v Dit is een goede onderzoeksvraag die concreet en duidelijk geformuleerd is.

1B
Suggesties voor een eigen onderzoeksvraag zijn:
- In hoeverre beïnvloedt het aantal uren slaap per nacht het geheugen?
- Wat is de invloed van een specifiek gen op de ervaring van vrolijkheid?
- Kan twee keer per week intensief sporten een depressie voorkomen?

Dit zijn niet alle mogelijkheden, omdat leerlingen ook op een creatieve manier hun eigen onder-

zoeksvraag met andere factoren kunnen bedenken. Het is dan zaak om deze vraag te bekijken en te beoordelen of hij voldoet aan de eisen van een onderzoeksvraag. Hierbij kun je ook gebruikmaken van het *vragenkompas* op de hulpkaart Onderzoeksvraag opstellen.

2 / Onderzoeken met dieren

Wat?
Aan de hand van vragen en stellingen op het werkblad gaan leerlingen nadenken over dierproeven.

Werkwijze (± 10 minuten)

De leerlingen beantwoorden eerst zelfstandig vraag a en b. Suggesties voor alternatieve modelorganismen zijn de platworm, fruitvlieg en muis. Bij vraag c komen een aantal stellingen over dierproeven aan bod:

i Dieren mogen worden gebruikt om make-up te testen.

ii Mensapen mogen worden gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek naar de oorzaken van ziekten.

iii Dierproeven zijn aanvaardbaar als ze zo min mogelijk lijden veroorzaken en als de dieren worden gebruikt voor onderzoek naar medicijnen.

iv Dieren mogen gebruikt worden om de veiligheid van ons voedsel te testen.

v Als je een wetenschappelijk experiment net zo goed met een muis als een zebravis kunt uitvoeren, dan kun je het beste kiezen voor de zebravis.

vi Je mag alleen dierproeven gebruiken als er geen alternatieve methoden zonder dieren bruikbaar zijn voor het onderzoek.

Gebruik voor een levendige discussie de werkvorm ‘sta op en wissel uit’. Schrijf hiervoor de eerste stelling op het bord en laat de leerlingen hun mening met argument opschrijven. Vervolgens gaat iedereen staan en wijs je een willekeurige leerling aan om antwoord te geven op de stelling. De leerling gaat daarna zitten en iedereen met een vergelijkbare mening gaat ook zitten. Van de leerlingen die blijven staan wijst de docent weer iemand aan en het proces herhaalt zich totdat iedereen zit. Herhaal dit ook met de overige stellingen. De stellingen zijn zo ingedeeld dat bij de eerste paar stellingen veel leerlingen het met elkaar eens zijn. Bij latere stellingen kun je wat meer aandacht aan discussie besteden, omdat er dan waarschijnlijk meer verschillende meningen in de klas zullen zijn.

Als afsluiting bespreek je klassikaal vraag d: welke alternatieven zijn er voor dieronderzoek? Voorbeelden van alternatieven zijn onderzoek op organoïden (mini-organen), onderzoek op losse cellen of onderzoek met computersimulaties.

Vallend kwartje

Leerlingen zien in dat dierproefgebruik in de Wet op de dierproeven (Wod) geregeld is en streng wordt gecontroleerd. Ook zien ze in dat er verschillende meningen over dierproeven zijn: de één accepteert meer onderzoek op dieren dan de ander.

Uitleg

i Interessant is dat in Nederland dierproeven voor make-up verboden zijn, maar dit in Frankrijk bijvoorbeeld nog wel mag. In China is het zelfs verplicht om cosmetica op dieren te testen. Er zijn wel alternatieven voor dierproeven. Om de irritatie van cosmetica te testen, kan namelijk ook gekweekte huid worden gebruikt.

ii In Nederland is het bij wet verboden om mensapen te gebruiken voor medisch onderzoek. Het voordeel van apen is dat ze heel erg op mensen lijken, waardoor de werking van virussen bij apen (bijvoorbeeld) erg lijkt op de werking bij mensen. Voor onderzoek naar gedrag mogen wel mensapen worden gebruikt.

iii Volgens de wet mag een dierproef niet meer lijden veroorzaken dan het inbrengen van een naald. De ontwikkeling van medicijnen is een wetenschappelijk doeleinde en is dus geoorloofd. Interessant is om bij deze te stelling te discussiëren over het punt waarop het onderzoek over zou moeten gaan op mensen.

iv Het testen van de voedselkwaliteit valt onder de Wet op de dierproeven (Wod). Zou dit eerder aanvaardbaar moeten zijn dan het testen van medicijnen? Waar zitten meer risico's aan voor dieren?

v Vanuit praktisch oogpunt is het antwoord 'ja'. Zebravissen vallen de eerste vijf dagen van hun leven niet onder de gewervelde dieren. Daarmee vallen ze niet onder de voorwaarden van de Wet op de dierproeven. Vinden de leerlingen dit ook? Of vinden ze dat zebravissen evenveel (bewust) kunnen lijden als muizen?



vi In de Wet op de dierproeven Wod staat vermeld: *"Een dierproef wordt slechts verricht wanneer het beoogde resultaat niet kan worden bereikt door middel van een wetenschappelijk verantwoorde methode of onderzoeksstrategie waarbij geen levende dieren worden gebruikt."*

3 / Start je eigen experiment!

Wat?
Stapsgewijs gaan leerlingen een experiment verzinnen om een hypothese van Judith te testen.

Werkwijze (± 6 minuten)

Leerlingen kunnen vraag a t/m e zelfstandig beantwoorden. Laat ze vervolgens in tweetallen hun antwoorden met elkaar uitwisselen.



Vallend kwartje
Leerlingen zien in dat je maar één factor tegelijk kan onderzoeken in een experiment en dat je altijd een zogenaamde controlegroep nodig hebt.

Uitleg

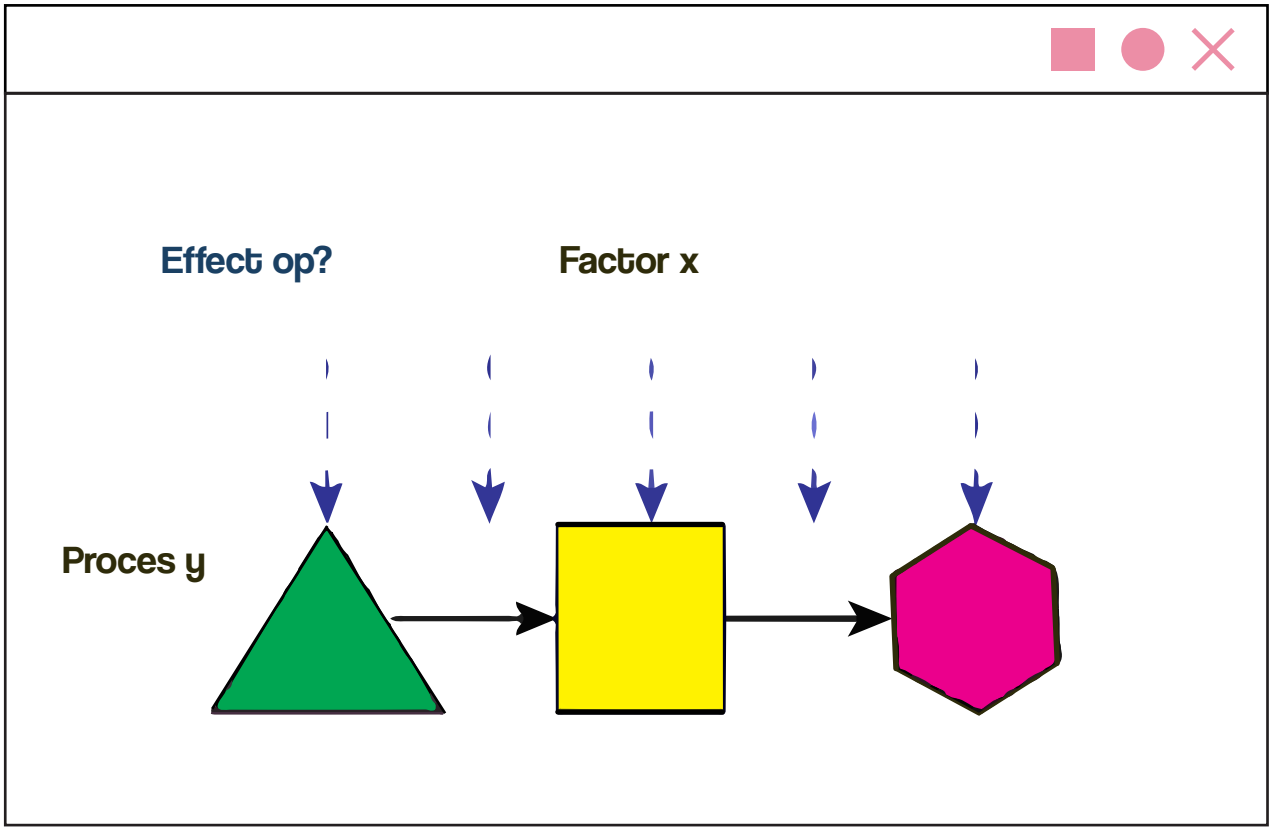
Zie opdracht 1 voor suggesties voor een eigen onderzoeksvraag. In de opdrachten a t/m d verzinnen de leerlingen zelf een experiment om deze onderzoeksvraag te beantwoorden. Het belangrijkste is dat ze inzien dat je altijd een controlegroep hebt, waarin alle omstandigheden gelijk blijven, en een experimentgroep, waarin je één factor verandert (factor x). Hiermee kan je dan de invloed van deze veranderde factor op proces y onderzoeken.

Bijvoorbeeld: om de invloed van slaap op het geheugen te onderzoeken, laat je één groep mensen normaal slapen en vraag je één groep mensen elke nacht een uur korter slapen dan ze normaal doen. Het geheugen kan je bijvoorbeeld testen met een online geheugentest.

Een ander aandachtspunt is of deze opzet ethisch verantwoord is. Verder kunnen leerlingen ook nadenken over hoeveel proefpersonen of proefdieren ze nodig hebben. Het gaat erom dat ze inzien dat een resultaat betrouwbaarder wordt als je een experiment met meer personen of dieren hebt uitgevoerd.

In opdracht 3c gaan de leerlingen zelf een experiment bij hun onderzoeksvraag bedenken met behulp van de hulpkaart ‘Experiment opzetten’.





Een schematische weergave van een goede experimentele vraag voor Judith; wat is het effect van factor x op proces y? Zie ook de hulpkaart ‘Hypothese opstellen’.

LES 03

Les 3: Onderzoek doen met zebravissen

Leerdoelen	Leerlingen leren om… • …informatiebronnen op het internet te zoeken. • …de betrouwbaarheid van verschillende bronnen te beoordelen. • …deelvragen te maken. • …een hypothese op te stellen. • …resultaten te interpreteren.
Verloop van de les	• Entreeticket • Filmpje '*Judith onderzoekt hersencellen*' • Kijkvragen beantwoorden • Opdracht 1: *Op zoek naar bronnen* • Opdracht 2: *Deel het op in deelvragen!* • Opdracht 3: *Hoe trek jij conclusies?* • Opdrachten bespreken en afsluiting les.
Onderzoeks-fases	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusies & discussie
Voorbereiding docent	• **Werkbladen** uitprinten • **Filmpje** '*Judith onderzoekt hersencellen klaarzetten*' • **Hulpkaart** Zoeken op het internet, Bronnen vermelden, Betrouwbaarheid, Deelvragen maken en Hypothese opstellen uitprinten (één van elke hulpkaart per 3 à 4 leerlingen, zie bijlage)

Introductie: entreeticket

Wat?
De leerlingen vullen de antwoorden op twee korte vragen in, om de stof van de eerste les te herhalen.

Werkwijze (± 5 minuten)

Deel de entreetickets uit en laat de leerlingen zelfstandig hun antwoord opschrijven op de vraag.

Vallend kwartje
De leerlingen kijken weer even naar de stof van de eerste les en bedenken zich waar de discussie over dierproeven over ging en wat een goede onderzoeksvraag is.

Uitleg (± 5 minuten)

Er zijn verschillende goede antwoorden op vraag 1 en 2. Kijk vooral of leerlingen er serieus over nagedacht hebben en of ze eventueel de stof van de eerste les erbij hebben gepakt. Je kunt de entreetickets laten doorgeven, zodat iemand anders in de klas controleert of een leerling verder 'mag' met deze les.



Filmpje 3: Judith onderzoekt hersencellen

Wat?
De leerlingen bekijken het derde filmpje, '*Judith onderzoekt hersencellen*'. De vraag die in dit filmpje centraal staat is: 'Waarom doet Judith onderzoek naar hersenontwikkeling in zebravissen?' Tijdens het kijken beantwoorden de leerlingen kijkvragen, waarmee je kunt checken of de leerlingen het filmpje goed hebben

Werkwijze (± 10 minuten)

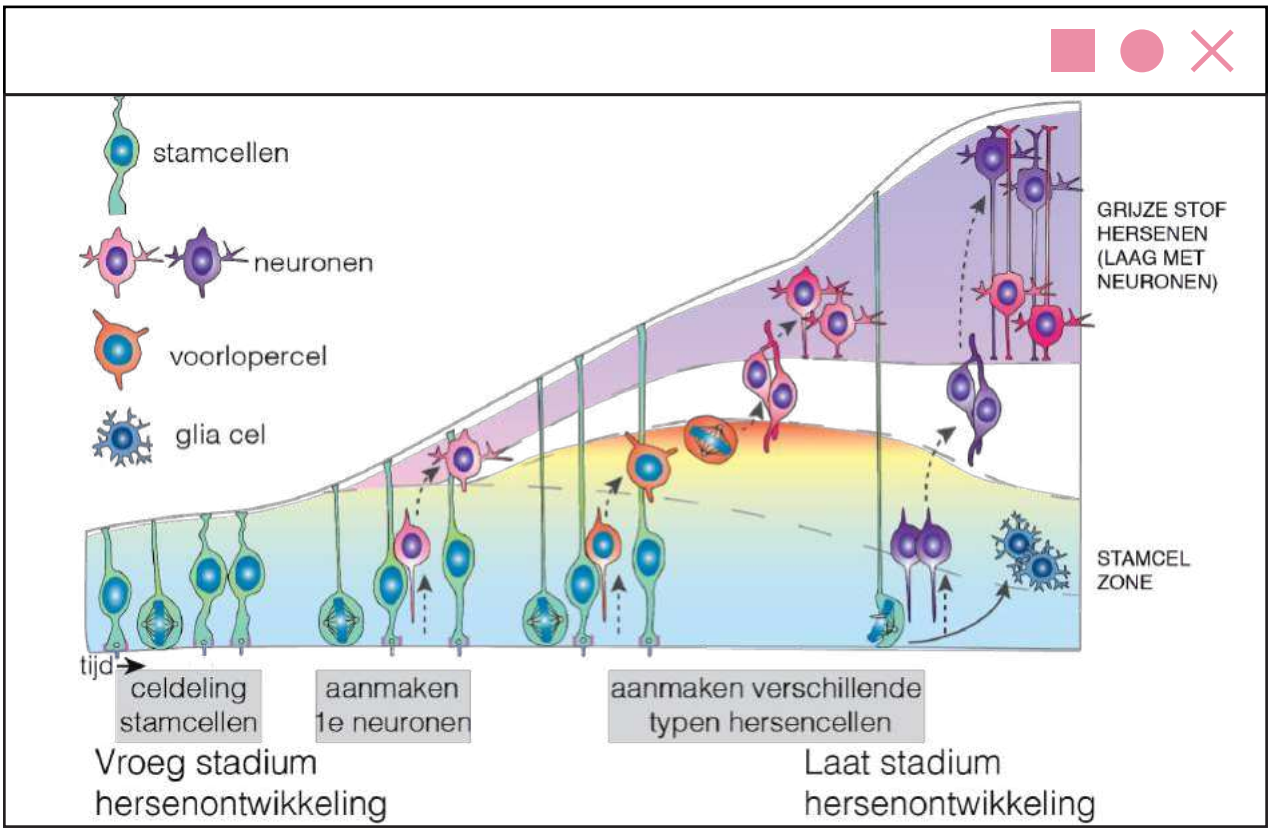
Zet het derde filmpje klaar. Laat leerlingen de kijkvragen zelfstandig invullen en bespreek daarna klassikaal wat ze bij de vier vragen hebben ingevuld.



1 Waarom is het hersenonderzoek dat Judith doet belangrijk? Noem twee redenen.

2 Waar haalt Judith de bronnen vandaan waarmee ze zich inleest in haar onderwerp?

3 Leg aan de hand van het plaatje uit wat een stamcel in de hersenen doet.



Schematische weergave van de rol van hersenstamcellen in de ontwikkeling van de hersenen. Hierin zie je de verschillende celtypen die in de hersenen voorkomen; stamcellen, voorlopercellen, neuronen of zenuwcellen, en gliacellen of steuncellen.

4 Welk alternatief noemt Judith voor proefdieren?

Vallend kwartje

Leerlingen zien de relevantie van het onderzoek dat Judith doet. Verder leren ze dat het belangrijk is dat je methode meet wat je wilt meten.

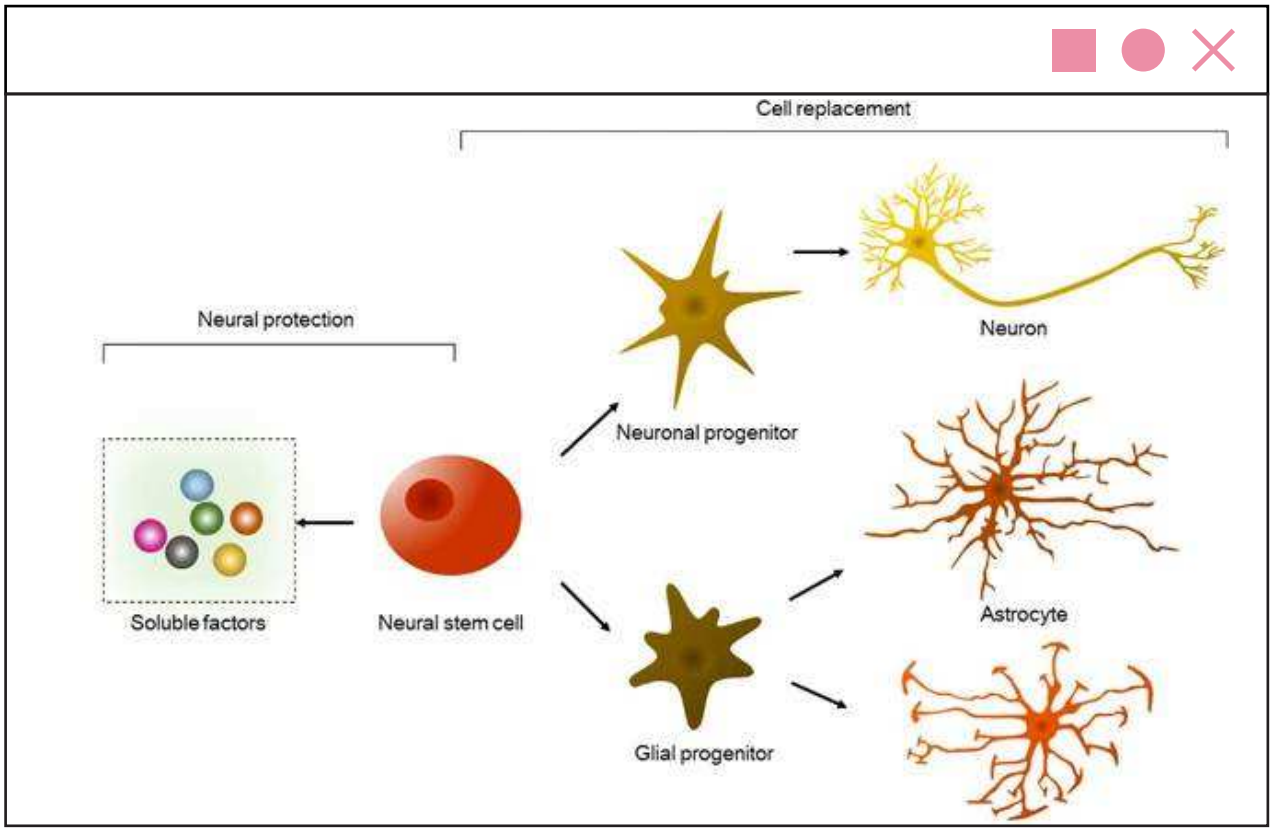
Uitleg

Om de kijkvragen te bespreken, staan hieronder de antwoorden op de vragen:

1 De hersenen van tieners zijn nog in ontwikkeling en het is dus belangrijk om te weten wat van invloed is op het behoud van een gezond brein. Zo weten we nog niet precies wat de invloed is van voeding of stress op het brein. Daarnaast leiden allerlei ingewikkelde processen in de hersenen tot de ervaring van de wereld om ons heen. Er is hier nog veel over onbekend, zodat het interessant is om hier meer over te weten.

2 Twitter, PubMed, Google Scholar.

3 Cellen die zich nog niet of nog niet volledig hebben gespecialiseerd. Uit een stamcel kunnen door deling verschillende typen cellen ontstaan. Uit een volwassen stamcel kunnen zich alleen cellen ontwikkelen die zich in het orgaan bevinden waar de stamcel vandaan komt.



Schematische weergave hoe hersenstamcellen veranderen in de verschillende soorten hersencellen. Een stamcel verandert onder invloed van zijn omgevingsfactoren in een neuronale voorlopercel of een gliale voorlopercel. Een neuronale voorloper cel kan alleen nog (verschillende soorten) zenuwcellen vormen. Een gliale voorlopercel kan veranderen in de steuncellen die in de hersenen voorkomen.

4 Organoïden: een soort mini-orgaantjes die opgekweekt zijn uit menselijke cellen.

1 / Op zoek naar bronnen

Wat?
Leerlingen gaan aan de hand van het onderwerp ‘organoïden’ op zoek naar bronnen op internet. Ze leren hoe ze goed moeten zoeken naar bronnen en hoe ze die moeten vermelden.

Werkwijze (± 5 minuten)

Deel het werkblad van opdracht 3.1 uit. Hierop staan vraag a t/m c. De leerlingen moeten toegang hebben tot internet om deze opdrachten te kunnen uitvoeren. Verder hebben ze de hulpkaarten Zoeken op het internet, Bronnen vermelden en Betrouwbaarheid beoordelen nodig. Je kunt deze opdrachten in tweetallen achter de computer laten uitvoeren en de tweetallen met een ander tweetal hun antwoorden laten uitwisselen.

Vallend kwartje
Leerlingen zien in dat je met verschillende zoektermen op zoek kunt gaan naar goede bronnen en dat bronnen verschillen in betrouwbaarheid.

Uitleg

Bij deze opdracht kun je voor uitleg te rade gaan bij de hulpkaart Zoeken op het internet in de docentenhandleiding van de hulpkaarten.

De zoekopdracht gaat over organoïden. Een organoïde is een mini-orgaan dat uit stamcellen in een kweekbakje groeit. Verschillende aandoeningen worden onderzocht met behulp van organoïden, zoals taaislijmziekte (cystic fibrosis). Dit is een methode die volop in ontwikkeling is en waarbij geen dieren nodig zijn.

Als leerlingen bronnen zoeken op het internet, is het belangrijk dat ze inzien dat ze verschillende zoektermen en verschillende websites kunnen gebruiken. Om te zoeken naar informatie over organoïden kunnen leerlingen naast ‘organoïde’ ook gebruik maken van zoektermen als ‘miniorgaan’, ‘orgaan kweken’ of ‘alternatief proefdieren’. Om de betrouwbaarheid van bronnen te beoordelen, is het belangrijk dat leerlingen kijken naar wie de bron heeft geschreven, wanneer het is geschreven en wat voor soort bron het is.



2 / Deel het op in deelvragen!

Wat?
In deze opdracht gaan leerlingen deelvragen bedenken bij de hoofdvraag van Judith: welke mechanismen zijn belangrijk bij het vormen en onderhouden van een gezond brein? Bij de deelvragen proberen ze ook een hypothese op te stellen.

Werkwijze (± 5 minuten)

Leerlingen kunnen weer in tweetallen aan de slag om deelvragen op te stellen bij de hoofdvraag van Judith. Ze kunnen hierbij gebruik maken van de hulpkaart Deelvragen maken. Zorg dat ze bij opdracht a in ieder geval drie deelvragen opstellen en dat ze bij opdracht b in ieder geval bij één van deze deelvragen een hypothese hebben bedacht.



Vallend kwartje
De leerlingen zien in dat je een hoofdvraag niet in één keer kan beantwoorden. Daarnaast realiseren ze zich dat een deelvraag nodig moet zijn om de hoofdvraag te beantwoorden.

Uitleg

De echte deelvragen uit Judith's onderzoek kunnen als antwoordsuggesties op vraag a fungeren:

- Wat zijn belangrijke processen in de hersenontwikkeling?
- Hoe bepalen stamcellen, die alle cellen in de hersenen aanmaken, wanneer ze delen en welk type cellen ze hierbij aanmaken?
- Hoe ontstaan verschillen hierin tussen individuele stamcellen?
- Welke genen (stukjes DNA) spelen hierin de belangrijkste rol?
- In hoeverre is het mogelijk om stamcellen bij te sturen om bepaalde cellen aan te maken om beschadigde of verloren hersencellen te vervangen bij bijvoorbeeld neurodegeneratieve ziekten of hersenschade?
- Zijn de bevindingen ook toepasbaar op mensen?

Misschien verzinnen leerlingen echter andere creatieve deelvragen die ook goed zijn. Probeer ze kritisch te laten nadenken over hun deelvragen en laat ze ook kritische vragen aan hun partner stellen. Zoals: Is de vraag duidelijk en afgebakend? Vormt de vraag een bouwsteen om de hoofdvraag te beantwoorden? Is de vraag te onderzoeken of is het een opzoekvraag?

Voor vraag b verzinnen leerlingen een hypothese bij hun deelvragen. De tips om een hypothese te formuleren zijn te vinden op de hulpkaart Hypothese opstellen. Wat vooral belangrijk is bij het opstellen van een hypothese is om je goed in te lezen en om een verklaring te vinden die het meest waarschijnlijk is.

3 / Hoe trek jij conclusies?

Wat?
In deze opdracht gaan leerlingen bezig met resultaten interpreteren en conclusies trekken.

Werkwijze (± 10 minuten)

De leerlingen kunnen individueel aan de slag met opdracht a t/m f. Bespreek daarna klassikaal wat iedereen heeft ingevuld. Het gaat hierbij niet om goede en foute antwoorden, maar juist om de argumenten die leerlingen gebruiken. Waarom is een bepaalde verklaring wel of juist niet goed? Waarom kan je een conclusie wel of juist niet trekken?

Vallend kwartje

Leerlingen zien in dat meerdere verklaringen of conclusies goed kunnen zijn, als je dit maar juist beargumenteert. Verschillende factoren spelen hierbij een rol, zoals het aantal visjes waarop onderzoek is gedaan.

Uitleg

Bij deze opdracht komen verschillende vaardigheden aan bod. Zo zijn leerlingen bezig met grafieken interpreteren en moeten ze nadenken over wanneer een bepaald onderzoeksresultaat 'significant' is. Het gaat er vooral om dat ze over deze onderwerpen hebben nagedacht. Het is beter om uiteindelijk een verkeerd antwoord te hebben met een goed argument, dan een goed antwoord zonder argument.

Antwoorden

a Verklaring 1 is een goede verklaring voor het beeld, door het uitschakelen van een gen is de ontwikkeling van deze hersenen verandert. Verklaring 2 is niet juist omdat je wil dat je controlegroep in principe even oud is als je testgroep!

b Dit zijn te weinig zebravissen om een significant resultaat uit te halen. Je kunt hier dus geen conclusies uit trekken.

c Dit zijn wel genoeg zebravisjes om een experiment uit te voeren, maar dit is geen goede conclusie. Ze hebben het middel namelijk alleen uitgetest bij zebravisjes en niet bij mensen. De conclusie is dus te sterk geformuleerd. Een betere conclusie zou zijn dat stof A *mogelijk* een goed middel is voor de behandeling van de ziekte van Parkinson bij mensen. Tachtig van de honderd herstelde visjes betekent wel dat het bij visjes goed werkt, als je ervan uitgaat dat zonder de stof toe te voegen geen enkele vis herstelt. Het is dus een significant resultaat (bij zebravisjes).

d In dat geval helpt stof A nauwelijks, zodat je niet kunt stellen dat stof A een positief effect heeft op het herstel van de visjes van de ziekte van Parkinson. Je zou kunnen stellen dat stof A bij een klein deel van de visjes de symptomen vermindert. Om te testen of stof A

een significant effect heeft, zou je een statistische toets moeten gebruiken.

e Dit is een goede conclusie. Stof B zou kunnen helpen, maar dit is nog niet zeker omdat de stof nog niet bij mensen is getest.

f Waarschijnlijk zorgt de combinatie van stof A en B voor verergering van de symptomen van de ziekte van Parkinson. Blijkbaar werken de stoffen los van elkaar wel, maar samen niet. Dit zou je kunnen verklaren door een bepaalde reactie die tussen de twee stoffen A en B plaatsvindt.

Onderzoeksvraag opstellen



Fase 3: Onderzoeksvraag

Wat leer je?

Hoe maak je van een gewone vraag een goede onderzoeksvraag?

Waarom?

Het formuleren van een onderzoeksvraag is belangrijk om je onderwerp goed af te bakenen. Zo weet je zeker dat het een behapbaar onderzoek wordt dat past in de tijd die je hebt.

Hoe?

Door antwoord te geven op de volgende vragen uit het vragenkompas uit Expeditie Onderzoek, kun je kijken of je onderzoeksvraag goed is. Je onderzoeksvraag is goed als je op alle vragen dichter bij 'ja' in de buurt zit dan bij 'nee'.

1. Past de vraag bij het onderwerp?

   Nee Ja

2. Is het geen opzoekvraag?

   Nee Ja

3. Is het een nuttige vraag?

   Nee Ja

4. Is het echt één vraag?

Nee Ja

5. Is de vraag duidelijk?

Nee Ja

6. Is de vraag afgebakend?

Nee Ja

7. Is de vraag door ons te beantwoorden?

Nee Ja

Tips

- Open vragen die beginnen met “in hoeverre”, “waarom” of “Op welke manier” zijn vaak goede onderzoeksvragen.
- Je kan verschillende soorten onderzoeksvragen stellen. Zo heb je de vergelijkende onderzoeksvraag: “Wat zijn de verschillen tussen…” Ook heb je de verklarende onderzoeksvraag: “Wat is de belangrijkste oorzaak van…”.
- Soms blijkt tijdens het maken van de onderzoeksmethode dat de onderzoeksvraag nog niet goed genoeg is, dan kun je je vraag nog bijstellen.

Zoeken op het internet



Fase 2: Verkenning

Wat leer je?

Op welke manieren vind jij de informatie die je zoekt?

Waarom?

Je weet sneller wat er bekend is over jouw onderzoeksonderwerp, als je gericht informatie kunt zoeken op het internet.

Hoe?

Om informatie te zoeken, gebruik je **zoekmachines**, bijvoorbeeld Google.

Gebruik tijdens het zoeken goede **zoektermen**. Voer geen volledige zin in, maar gebruik zelfstandige naamwoorden.

Voorbeeld: Als je onderzoek doet naar de negatieve effecten van social media op jongeren dan zouden je onderzoekstermen "social media, negatieve effecten, negatieve gevolgen" kunnen zijn.

Kan je niets vinden met de zoektermen die je gekozen hebt, probeer dan te zoeken op een **synoniem**: een ander woord met min of meer dezelfde betekenis.

Voorbeeld: Synoniemen van "effecten" zijn bijvoorbeelden "gevolgen" of "resultaten"

Heb je een goede website gevonden, dan kun je **binnen de website** zoeken door de toetscombinaties CTRL+F (windows) of CMD+F (MAC) te gebruiken. Er verschijnt dan een kleine zoekbalk. Hier kun je je zoektermen typen; deze woorden zijn dan gemarkeerd met een kleur.

Tips

- Door de tekst tussen aanhalingstekens te plaatsen zoekt je zoekmachine op de exacte zin. Dit kan soms betere of andere informatie opleveren.
- Een filetype is bestandssoort. Je kent waarschijnlijk de filetypes .doc (Word) of .pdf (PDF) wel. Het kan zijn dat je een onderzoeksrapport wil lezen. Deze documenten zijn meestal PDF- of Word-bestanden. Het is dan handig om .doc of .pdf achter je zoektermen te zetten.
- Krijg de betekenis van een woord door de 'define'-optie te gebruiken. Voorbeeld: als je de betekenis van social media wil zoeken dan zou je define:social media in je zoekmachine kunnen intypen.

Betrouwbaarheid



Fase 2: Verkenning

Wat leer je?

Hoe kom je erachter of de informatie die je hebt gevonden klopt?

Waarom?

Voor je eigen onderzoek wil je geen informatie gebruiken die niet klopt. Daarom moet je je bronnen goed checken voordat je de informatie gaat gebruiken.

Hoe?

Je kunt de betrouwbaarheid van een bron beoordelen door de volgende vragen te stellen:

1. Wie heeft het geschreven?

Een bron is betrouwbaarder als de auteur meer verstand heeft van het onderwerp. Je kunt de auteur checken door te kijken wat voor opleiding en werkervaringen hij of zij heeft. Is de opleiding relevant voor het onderwerp of ligt zijn of haar expertise eigenlijk geheel ergens anders?

2. Wanneer is het geschreven?

Als een bron lang geleden geschreven is, kan het zijn dat de informatie is verouderd. Dan is de informatie dus niet meer betrouwbaar.

3. Wat voor soort bron is het?

Kijk als eerst naar de plek waar jij je informatiebron hebt gevonden. Een forum is bijvoorbeeld minder betrouwbaar dan een wetenschappelijk artikel in een tijdschrift. Zie de tabel op de achterkant van deze kaart voor voorbeelden

Tips

- In de lessenserie Expeditie Onderzoek werd de 'AlsJeBlieft-methode' gebruikt als ezelsbruggetje: kijk naar de Auteur, Jaartal en Bron van de informatie om te bepalen of deze betrouwbaar is.
- Je kunt Wikipedia niet als bron gebruiken, maar je kunt je zoektocht er wel starten. Bij elk artikel staan namelijk bronnen vermeld en die kun, na een check, waarschijnlijk wel gebruiken.
- Hoe lang een bron betrouwbaar blijft, verschilt per onderwerp.
- Voorbeeld: als je onderzoek doet naar een techniek die al heel lang bestaat kan een artikel uit 1970 misschien nog interessant zijn, maar als je zoekt naar de efficiëntie van zonnepanelen is 2015 al best lang geleden.
- Verschillende soorten bronnen hebben verschillende voor- en nadelen. Zie de tabel hieronder:

Soort bron	Voorbeelden	Voordelen	Nadelen
Wetenschappelijke artikelen	Tijdschrift: Elsevier Via zoekmachine: scholar.google.com	Grondig onderzoek	Soms heel ingewikkeld of specifiek
Onofficiële websites, fora, blogs	www.reddit.com, forum.scholieren.com	Verschillende ervaringen	(Vrijwel) geen kwaliteitscontrole, onbetrouwbaar
Overheidssites	www.rijksoverheid.nl	Betrouwbaar, toegankelijk	Beperkt aantal onderwerpen
Boeken	Lesboeken	Informatief en betrouwbaar	Tijdrovend
Sociale media	Twitter, Instagram	Veel eigen meningen en ervaringen	Onbetrouwbaar
Kranten	de Telegraaf, Volkskrant, Trouw	Toegankelijk, veel onderwerpen	Kwaliteitsverschillen
Tijdschriften	National Geographic Magazine, Quest	Toegankelijk	

Experiment opzetten



Fase 5: Uitvoering onderzoek

Wat leer je?

Hoe zet je een goed experiment op?

Waarom?

Om je onderzoeksvraag te beantwoorden, kan het zijn dat je een experiment moet uitvoeren. Voor je het experiment gaat uitvoeren, moet je goed nadenken over de opzet van je experiment.

Hoe?

Bij een experiment heb je altijd **onafhankelijke (A)** en **afhankelijke (B)** variabelen. De **onafhankelijke variabele (A)** pas je aan en de **afhankelijke variabele (B)** meet je.

Bij het opzetten van een experiment moet je ervoor zorgen dat de alleen variabele **A** aanpast. De overige omstandigheden moeten dus gelijk blijven. Daarnaast moet je bedenken hoe je variabele **B** gaat meten.
Voordat je begint, maak je een lijst met de benodigde materialen om het onderzoek uit te voeren. Ook maak je een planning waarin staat wat je wanneer moet doen.

Zie onderzijde voor een voorbeeld.

Tips

- Hou het simpel. Hoe minder variabelen, hoe groter de kans de je experiment goed gaat!
- Lees je goed in! Vaak heeft iemand al iets gedaan wat op jouw experiment lijkt. Op dat moment hoef je dus niet een volledige eigen methode te bedenken!
- Houd tijdens het experiment goed bij wat er gebeurt. Dit kan in een logboek.
- Je experiment sluit aan bij je hypothese.

Voorbeeld

Je gaat de invloed van zonlicht op de groei van zonnebloemen onderzoeken. Zonlicht is variabele A en de groei is variabele B.

Benodigdheden

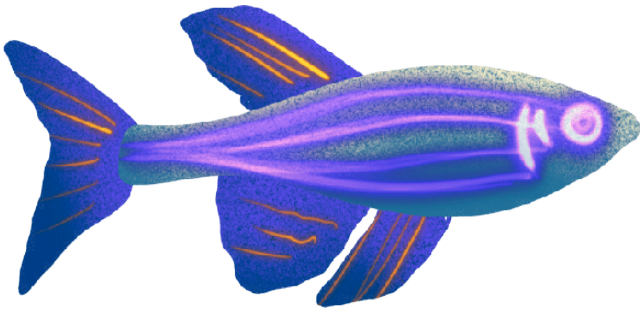
- Minimaal 3 zonnebloemen die even groot zijn.
- Minimaal 2 dozen waar de zonnebloemen in passen.
- Schaar, om gaten te knippen in een van de dozen.
- Liniaal, om de zonnebloemen op te meten.
- Water, om de zonnebloemen in leven te houden.

Dag 1	Dag 3	Dag 6	Dag 9
Zonnebloemen planten, X ml water geven. bloem 1 op de vensterbank, bloem 2 in een doos zonder gaten, bloem 3 in een doos met gaten.	Zonnebloemen X ml water geven. Zonnebloemen opmeten. Oberservaties noteren in logboek.	Zonnebloemen X ml water geven. Zonnebloemen opmeten. Oberservaties noteren in logboek.	Zonnebloemen X ml water geven. Zonnebloemen opmeten. Oberservaties noteren in logboek.

Let op: zet alle zonnebloemen op dezelfde plek, zodat er geen temperatuurverschillen tussen zitten. Een zonnebloem die in de koelkast staat, groeit misschien anders, doordat het daar veel kouder is! Geef ook elke bloem even veel water.

LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1

Leerlingmateriaal



Hersenonderzoek in zebravissen

Judith Paridaen

LES

01

Judith de wetenschapper

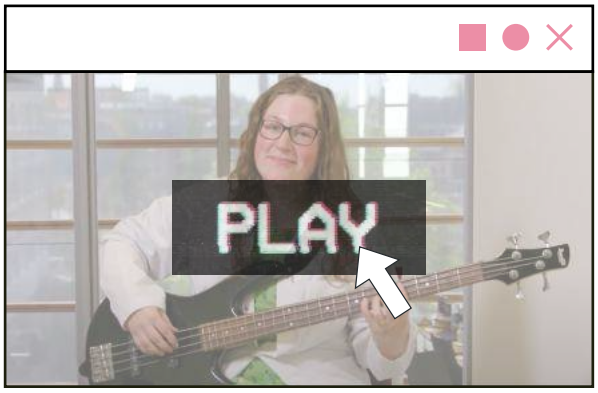
1 / Judith de wetenschapper

Hieronder zie je de wetenschapper Judith Paridaen. Waar denk jij aan bij de wetenschapper Judith? Maak een mindmap door de woorden die in je opkomen rondom te noteren rondom de afbeelding van Judith.



2 / Kijkvragen

Jullie gaan nu kennis maken met Judith in het filmpje '*Over inspirerend onderzoek: Judith Paridaen*'.



1 Komt jouw beeld over Judith (zie opdracht 1) overeen met wat je in het filmpje hebt gezien? Leg je antwoord uit.

2 Komt je antwoord op de vraag van opdracht 2.1 overeen met wat Judith in het filmpje vertelt? Waarom wel/niet?

3 Mark stelt dat "Een wetenschapper is vaak een man met slimme ouders die alleen maar boeken aan het lezen is en geen tijd heeft voor hobby's". Beargumenteer waarom dit vooroordeel niet klopt.

4 Wanneer is Judiths interesse voor biologie ontstaan?

5 Wat was de aanleiding voor Judith om medische biologie te studeren?

6 Vraag van Judith: “Wat vond jij op de basisschool echt waanzinnig leuk?”



3 / Faculteiten

Faculteiten zijn afdelingen binnen een universiteit. Alle onderzoeksgebieden en opleidingen van de universiteit zijn verdeeld over de verschillende faculteiten. Hieronder zie je een overzicht van een aantal faculteiten van de RUG. Verbind de steekwoorden met de faculteiten.

Faculteit
Economie en Bedrijfskunde
Gedrags- en Maatschappijwetenschappen
Godgeleerdheid en Godsdienstwetenschap
Letteren
Medische Wetenschappen
Rechtsgeleerdheid
Ruimtelijke wetenschappen
Science and Engineering
Wijsbegeerte

Steekwoorden
Technische planologie, economische structuren, aardrijkskunde
Toegepaste wiskunde, sterrenkunde, chemische reacties, medicijnen
Anatomie, fysiologie, medicijnen
Archeologie, cultuurstudies, geschiedenis, internationale betrekkingen, journalistiek, letter- en taalkunde
Opvoeding, onderwijs, jongeren, betere maatschappij, menselijk gedrag
Kritisch redeneren, filosofie
Efficiënt produceren, organisatie financieel gezond, analyseren van krachten en zwakheden van een organisatie, effectievere marktstrategieën, goedlopende ondernemingen
Religie, politiek, effect religies op samenlevingen
Privaatrecht, ondernemingsrecht, strafrecht, arbeidsrecht

4 / Onderzoekscyclus

Hieronder staan uitspraken van onze wetenschappers. Lees de uitspraken door en koppel de uitspraak bij de juiste fase. Noteer het nummer van de fase(s) op de lijn achter de uitspraak. De onderzoekscyclus en een korte beschrijving per fase staat hieronder.



Onderzoekscyclus

Fase 1: verwondering

Je leest of ziet iets wat je verbaast, wat je beter wilt begrijpen, of waar je misschien wel boos van wordt. Je besluit om hier onderzoek naar te doen.

Fase 2: verkenning

In deze fase ga je meer kennis opdoen over het onderwerp. Je leest bijvoorbeeld artikelen of boeken over het onderwerp of kijkt documentaires. Zo heb je voldoende informatie om naar de volgende fase te gaan.

Fase 3: onderzoeksvraag en hypothese

Met behulp van alle voorkennis die je hebt maak je een goede onderzoeksvraag, die jij door middel van je onderzoek wil gaan beantwoorden.

Fase 4: onderzoeksplan & verantwoording
Voordat je je onderzoek uitvoert, maak je eerst een plan: wanneer doe je wat? Ga je interviews doen? Of misschien literatuuronderzoek? Waarom ga je dat doen?

Fase 5: uitvoering
Wanneer je een goed plan hebt, ga je echt aan de slag. Je doet je interviews of leest de literatuur die je zou lezen, of je voert experimenten uit. In deze fase schrijf je ook je verslag.

Fase 6: Conclusie en discussie
Wanneer je je onderzoek hebt gedaan, kun je met een conclusie komen die (hopelijk) je onderzoeksvraag beantwoordt. Vervolgens schrijf je ook een discussie: wat waren de beperkingen van jouw onderzoek? Op welke manieren kan dit onderzoek worden voortgezet?

Fase 7: presentatie
Ten slotte presenteer je je conclusies, bijvoorbeeld door je essay in te leveren, of door een echte presentatie te houden. De feedback die je dan krijgt kun je weer meenemen in je volgende onderzoek.

Uitspraken Judith
"Ik wil erachter komen welke mechanismen belangrijk zijn bij het vormen en onderhouden van een gezond brein". _____

"Ik werd weer helemaal verliefd op hoe mooi en interessant ontwikkelde embryo's zijn, en werd mijn interesse in wat er in stamcellen allemaal gebeurt, geboren!" _____

"De CRISPR-Cas techniek gebruik ik wel eens bij mijn onderzoek." _____

"Ik gebruik verschillende zoekmachines voor het vinden van bronnen." _____

"Achteraf beschrijf ik hoe ik mijn onderzoek de volgende keer beter kan uitvoeren." _____

"Ik presenteer geregeld onderzoeksresultaten aan vakgenoten." _____

"Als een onderzoek gepubliceerd wordt in een wetenschappelijk tijdschrift, ben ik altijd erg trots." _

Plusopdracht: Je eigen onderzoek

Wat?
Waar zou jij zelf onderzoek naar willen doen? Gebruik onderstaande hulpkaart Inspiratie opdoen.

Inspiratie opdoen



Fase 1: Verwondering

Wat leer je?

Hoe doe je inspiratie op voor je onderzoek en hoe kies je een onderwerp?

Waarom?

Soms weet je niet wat je wil onderzoeken en heb je inspiratie nodig.

Hoe?

Interesses en hobby's als inspiratie

Maak een lijstje van je eigen hobby's en interesses. Waar ben je nieuwsgierig naar? Wat valt je op? Wat zou je later willen studeren? Wat voor beroep zou je willen uitoefenen? Wat voor tv-programma's vind je leuk? Welke alledaagse dingen wekken je interesse of vind je juist frustrerend?

Zo kom je misschien bij een vraag als: 'Waarom werkt eigenlijk mijn computer zo traag als ik veel programma's tegelijk gebruik? Hoe werkt computergeheugen eigenlijk?'

Vervolgens kun je jouw interesses eens invoeren op Google of Youtube om een beter beeld te krijgen van wat je zou willen onderzoeken.

Een object als inspiratie

Neem een willekeurig voorwerp. Dit mag alles zijn: een schaar, een boek of een kledingstuk bijvoorbeeld. Bedenk wat je allemaal kunt onderzoeken aan of met dit voorwerp.

Bijvoorbeeld:

- Hoe snel valt een ...(voorwerp)
- Wat is het materiaal van ...(voorwerp)
- Hoe sterk is het materiaal van ...(voorwerp)
- Hoe wordt ...(voorwerp) genoemd in de volksmond/door veel mensen?

Een ruimte als inspiratie

Neem een ruimte in gedachte. Bijvoorbeeld je slaapkamer thuis of de klas. Bedank wat kan je allemaal onderzoeken aan zo'n ruimte.

Bijvoorbeeld:

- Welke gassen bevinden zich in ...(ruimte)
- Welk percentage zuurstof bevindt zich in ...(ruimte)
- Hoe groot is de oppervlakte van ...(ruimte) in vierkante meters?
- Hoe veel tijd van het jaar is ...(ruimte) bezet door één of meer personen?

Tips

- Schrijf eerst alles wat in je opkomt op, keur niet direct dingen af.
- Praat hierover met anderen. Vraag bijvoorbeeld mensen die jou goed kennen wat zij denken dat jouw interesses zijn.
- Kijk om je heen, ga eventueel een korte wandeling maken en noteer dingen die je om je heen ziet.
- Lees het nieuws en blader in boeken, kranten of tijdschriften om inspiratie op te doen.
- Bedenk welke mensen jou inspireren en waarom, kan je daar iets van onderzoeken?

LES

02

Onderzoek naar hersenontwikkeling

Quiz: Hoe gezond zijn jouw hersenen?

Als je jong bent, zijn je hersenen nog in de groei. Hoe gezond je hersenen zijn, is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder leefstijl. Beantwoord de volgende vragen om te kijken wat het effect van jouw leefstijl op je hersenen is.

1 **Hoeveel uur slaap je gemiddeld per nacht?**

A. <6 uur
B. 6-8 uur
C. >8 uur

2 **Hoe vaak drink je energiedrank?**

A. Elke dag
B. Af en toe
C. (Bijna) nooit

3 **Maak je gebruik van social media?**

A. Ja, ik zit elk uur wel even door mijn insta te scrollen
B. Ja, ik check het dagelijks een keer
C. Social media? Wat is dat?

4 **Wat is het meest op jou van toepassing?**

A. Ik neem elke dag koekjes mee naar school en eet ook iets lekkers (koek, snoep, taart) als ik thuiskom.
B. Ik neem elke dag fruit mee naar school en eet alleen iets lekkers (koek, snoep, taart) als ik thuiskom.
C. Iets lekkers (koek, snoep, taart) eten doe ik lang niet elke dag.

5 **Hoeveel doe je aan beweging? Kruis aan wat op jou het meest van toepassing is.**

A. Niks. Ik ga met de auto naar school en sport niet.
B. Ik sport regelmatig. Zo'n drie keer per week.
C. Veel! Ik sport regelmatig en ga ook lopend of op de fiets naar school. Soms ben ik dan na school ook nog aan het buitenspelen.

Wat heb jij vooral ingevuld? Vooral A, of toch vooral antwoord C. Hieronder zie je hoe goed jij voor je hersenen zorgt:

Meeste keer antwoord A: Jouw hersenen hebben het een en ander te verduren. Al dat suiker en weinig slaap doen de hersenen niet veel goeds. Maar niet getreurd, je hersenen zijn nog volop in ontwikkeling en kunnen zich nog prima herstellen!

Meeste keer antwoord B: Lekker bezig, jouw hersenen zijn wel tevreden! Je geeft ze af en toe wat rust, dat kunnen ze goed gebruiken. En social media kan best leuk zijn natuurlijk; dingen waar je gelukkig van wordt zijn ook goed voor de hersenen.

Meeste keer antwoord C: Nou nou, is dit echt waar? Jij verzorgt je hersenen alsof het je nieuwe huisdier is: veel slapen, weinig suiker en weinig prikkels van social media. Dat komt de hersenontwikkeling ten goede, maar zorg

Voorkennis

Beantwoord de volgende vragen om je kennis over het onderwerp op te rakelen.
Zo begrijp je straks meer van het filmpje dat je gaat zien

Uitleg begrippen



Fenotype: de zichtbare eigenschappen van een organisme.

Modelorganisme: organismen die model staan voor de biologische processen in het menselijk lichaam (bijvoorbeeld muizen, ratten, fruitvliegjes of zebravissen).

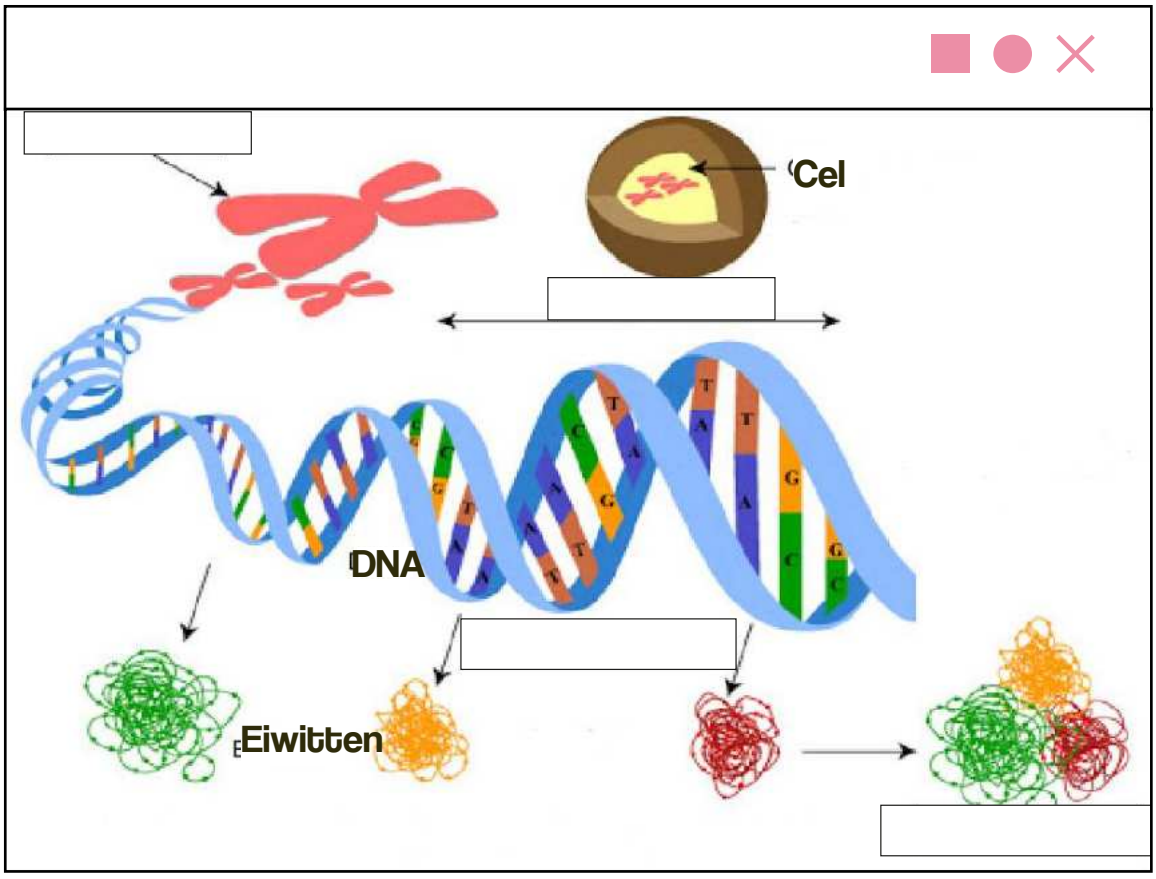
Wervelkolom: een opeenstapeling van 32 wervels (bij de mens). Ook wel ruggengraat genoemd.

Gen: deel van een chromosoom dat de informatie bevat over één erfelijke eigenschap.

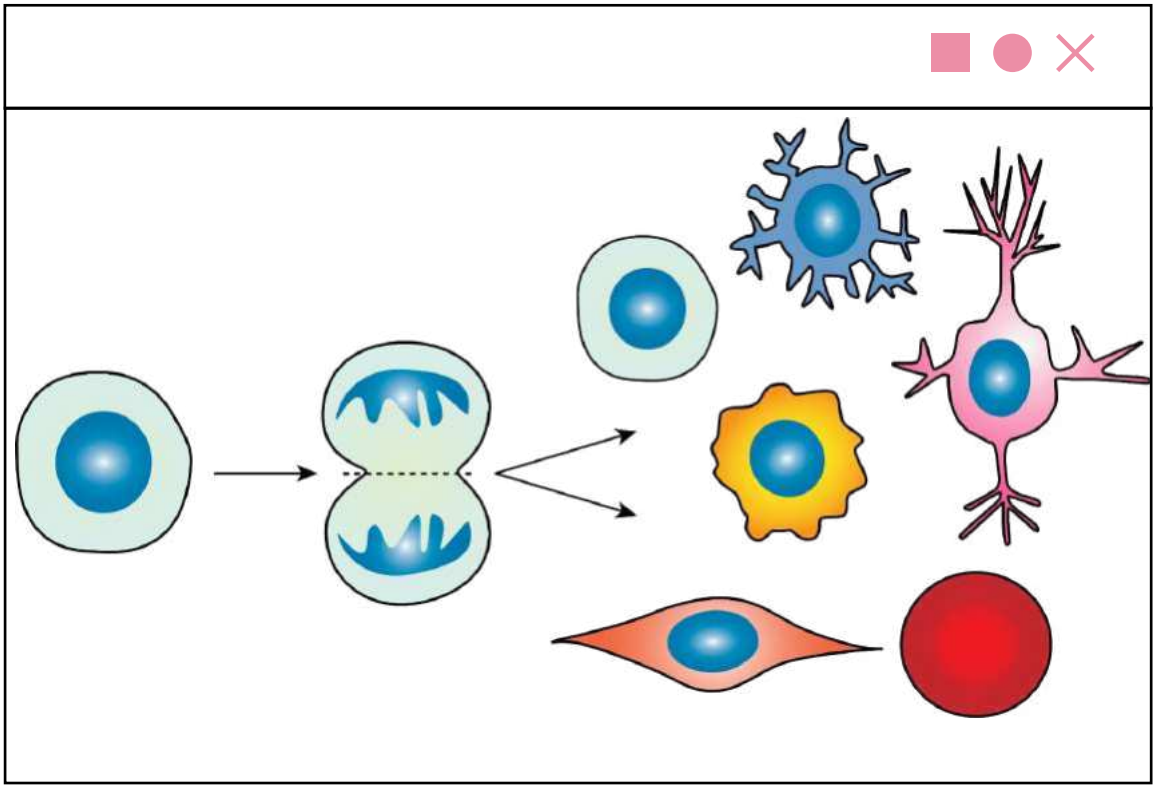
Genexpressie: het tot uiting komen van een gen. Genen kunnen aan of uit staan.

Stamcellen: cellen die zich nog niet of nog niet volledig hebben gespecialiseerd. Uit een stamcel kunnen door deling verschillende typen cellen ontstaan. Uit een volwassen stamcel kunnen zich alleen cellen ontwikkelen die zich in het orgaan bevinden waar de stamcel vandaan komt.

1 Schrijf in de kaders bij het volgende plaatje de begrippen '*genen*', '*genotype*', '*genexpressie*' en '*fenotype*'.

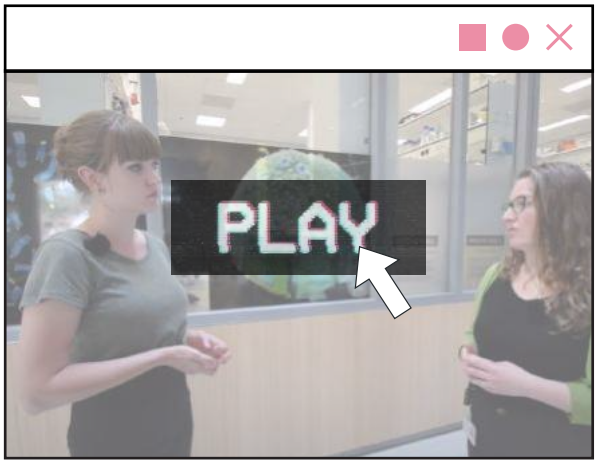


2 Omcirkel in het volgende plaatje aan welke cel een neuron is en welke een stamcel.

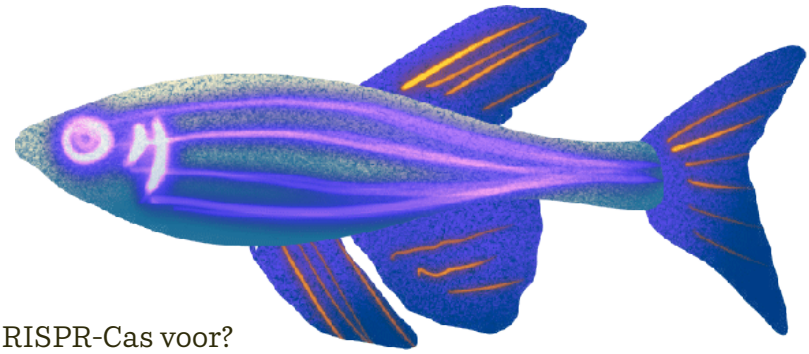


Kijkvragen

Jullie gaan nu het tweede filmpje kijken over Judith en haar onderzoek: '*Judith op het lab*'. De vraag die in het filmpje centraal staat is: 'Hoe doe je onderzoek naar hersenontwikkeling in zebravissen?'
Beantwoord tijdens het kijken de volgende vragen.



1 Noem twee redenen waarom Judith zebravissen als modelorganisme gebruikt voor haar onderzoek.



2 Waar gebruikt Judith de techniek CRISPR-Cas voor?

3 Waarom is het belangrijk dat je bij een experiment slechts één factor tegelijk aanpast?

4 Wat doet Judith met de filmpjes die ze met de grote microscoop maakt?

1 / Wat is de invloed van...?

1
Hieronder staan vijf onderzoeksvragen. Is iedere vraag een goede onderzoeksvraag? Waarom wel/niet? Gebruik het vragenkompas op de hulpkaart Onderzoeksvraag opstellen.

a Wat is de invloed van drinken op de hersenen?
Wel/niet, want

b Welke genen (stukjes DNA) spelen een belangrijke rol bij het delen van hersencellen?
Wel/niet, want

c Hoeveel hersencellen bevatten de hersenen?
Wel/niet, want

d Wat zijn belangrijke processen in de hersenontwikkeling?
Wel/niet, want

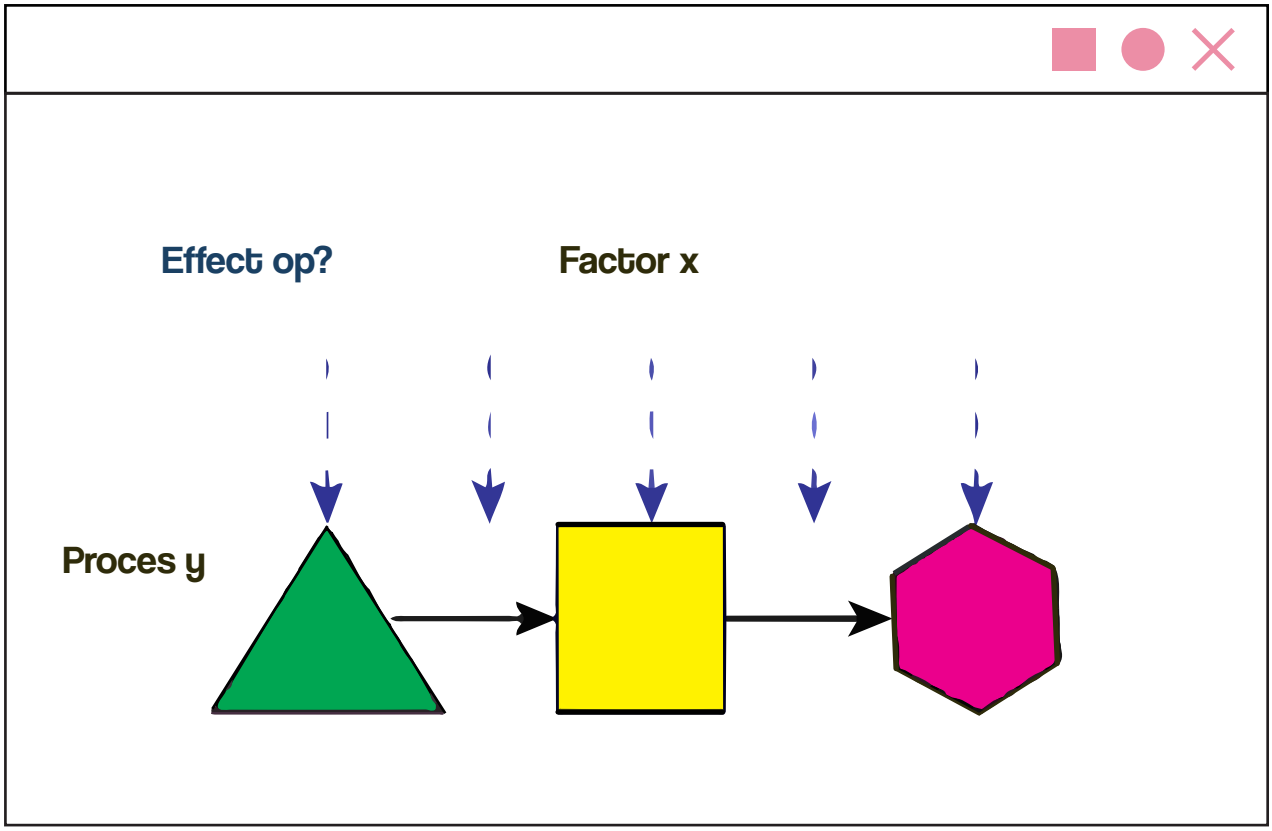
e Wat is de invloed van energiedrank en alcohol op het concentratievermogen van jongeren?
Wel/niet, want

2

In het lijstje hieronder zie je verschillende factoren en een aantal processen en onderdelen van de hersenen. Verbind één factor x met één proces y. Probeer hier een goede, specifieke onderzoeksvraag bij te verzinnen. Je kunt dus niet letterlijk de termen uit het lijstje overnemen, want die zijn niet specifiek genoeg! Gebruik de hulpkaart Onderzoeksvraag opstellen om te controleren of jouw onderzoeksvraag goed is.

Factor x
Sporten
Alcohol drinken
Energiedrank drinken
Slapen
Genen
Medicijnen

Proces y
Geheugen
Psychische gezondheid
Celdeling in de hersenen
Hersenontwikkeling
Ruimtelijk inzicht
Voelen van emoties



Een schematische weergave van een goede experimentele vraag voor Judith; wat is het effect van factor x op proces y?

Judith doet onderzoek met zebravissen als modelorganisme. De lichaamsbouw van deze vissen lijkt erg op dat van de mens: 71 procent van de genen van een zebravis is zelfs gelijk aan de genen van een mens!

a Welke andere modelorganismen zou je kunnen gebruiken voor het onderzoek dat Judith doet? Noem er in ieder geval twee.

b Kun je voordelen en nadelen van de modelorganismen bedenken die je bij (a) hebt opgeschreven?

c Dierproeven worden om verschillende redenen gedaan. Om het welzijn van dieren te beschermen, zijn er strenge regels waar dierproeven aan moeten voldoen. Dit staat beschreven in de zogenaamde *Wet op de dierproeven. Deze wet geldt alleen voor proeven met gewervelde dieren. De wet is al van kracht sinds 1977 en geldt voor heel Europa.* De onderstaande stellingen gaan over dierproeven. Hier ga je met de klas over discussiëren. Bedenk eerst wat je eigen mening is over elke stelling en schrijf deze kort op.



i Dieren mogen worden gebruikt om make-up te testen.

ii Mensapen mogen worden gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek naar de oorzaken van ziekten.

iii Dierproeven zijn aanvaardbaar als ze zo min mogelijk lijden veroorzaken en als de dieren worden gebruikt voor onderzoek naar medicijnen.

iv Dieren mogen gebruikt worden om de veiligheid van ons voedsel te testen.

v Als je een wetenschappelijk experiment net zo goed met een muis als een zebravis kunt uitvoeren, dan kun je het beste kiezen voor de zebravis.

vi Je mag alleen dierproeven gebruiken als er geen alternatieve methoden zonder dieren bruikbaar zijn voor het onderzoek.

d Welke alternatieven zijn er voor dieronderzoek?

BONUS Zoek eens uit hoeveel procent van de genen van muizen hetzelfde zijn als bij mensen. En hoe zit dat met de genen van een banaan?



3 / Start je eigen experiment!

Judith wil onderzoeken of Notch-signalerende genen een rol spelen bij de grootte van je hersenen. Notch-signalerende genen zijn genen van een bepaalde groep, die belangrijk lijken te zijn om hersenen van normale grootte te ontwikkelen. Als eerste vraagt Judith zich af welke processen de grootte van je hersenen bepalen. Dat is bijvoorbeeld de snelheid waarmee hersencellen zich delen en hoeveel er doodgaan. In een eerste experiment wil Judith de hypothese testen dat de activiteit van Notch-signalerende genen invloed heeft op de hoeveelheid hersencellen die doodgaan tijdens de ontwikkeling van de hersenen. Hiervoor schakelt ze de Notch-signalerende genen uit en kijkt wat er verandert.

a Wat is factor x en wat is proces y in dit experiment van Judith?

b Bekijk nu je eigen onderzoeksvraag uit vraag 1.2 nog een keer. Zou je voor het uitvoeren van je onderzoek een modelorganisme nodig hebben? Zo ja, welke?

c Judith gebruikt de volgende hulpmiddelen om haar metingen te kunnen verrichten:

i. Microscoop

ii. Agarplaat
iii. Een antilichaam of fluorescent eiwit om de cellen te kleuren

Welke hiervan heb jij nodig om je onderzoek uit vraag 1.2 te kunnen uitvoeren? Schrijf op waar je elk hulpmiddel voor gebruikt.

d Schrijf in drie zinnen op hoe je een experiment kunt uitvoeren om jouw onderzoeksvraag te beantwoorden. Gebruik de hulpkaart 'Experiment opstellen'.

Tip!

Verzin een simpel experiment dat je bij wijze van spreken op school uit zou kunnen voeren. Het mag ook een experiment zijn dat alleen een deel van jouw vraag beantwoordt.

LES

03

Onderzoek doen met zebravissen

Introductie: entreeticket

Tijdens de eerste les over het onderzoek van Judith heb je een filmpje gekeken en hier verschillende opdrachten over gemaakt. Zo heb je geleerd dat een onderzoeksvraag altijd goed afgebakend moet zijn. Ook heb je kritisch nagedacht over dierproeven en zijn jullie een eigen onderzoeksvraag mét experiment gaan opzetten. Voordat de tweede les van start gaat, moet je het entreeticket invullen.

1 Wat vind jij een goede reden om geen dieren voor een onderzoek te gebruiken?

2 Waaraan moet een goede onderzoeksvraag voldoen? Noem ten minste één belangrijke eis.



Kijkvragen

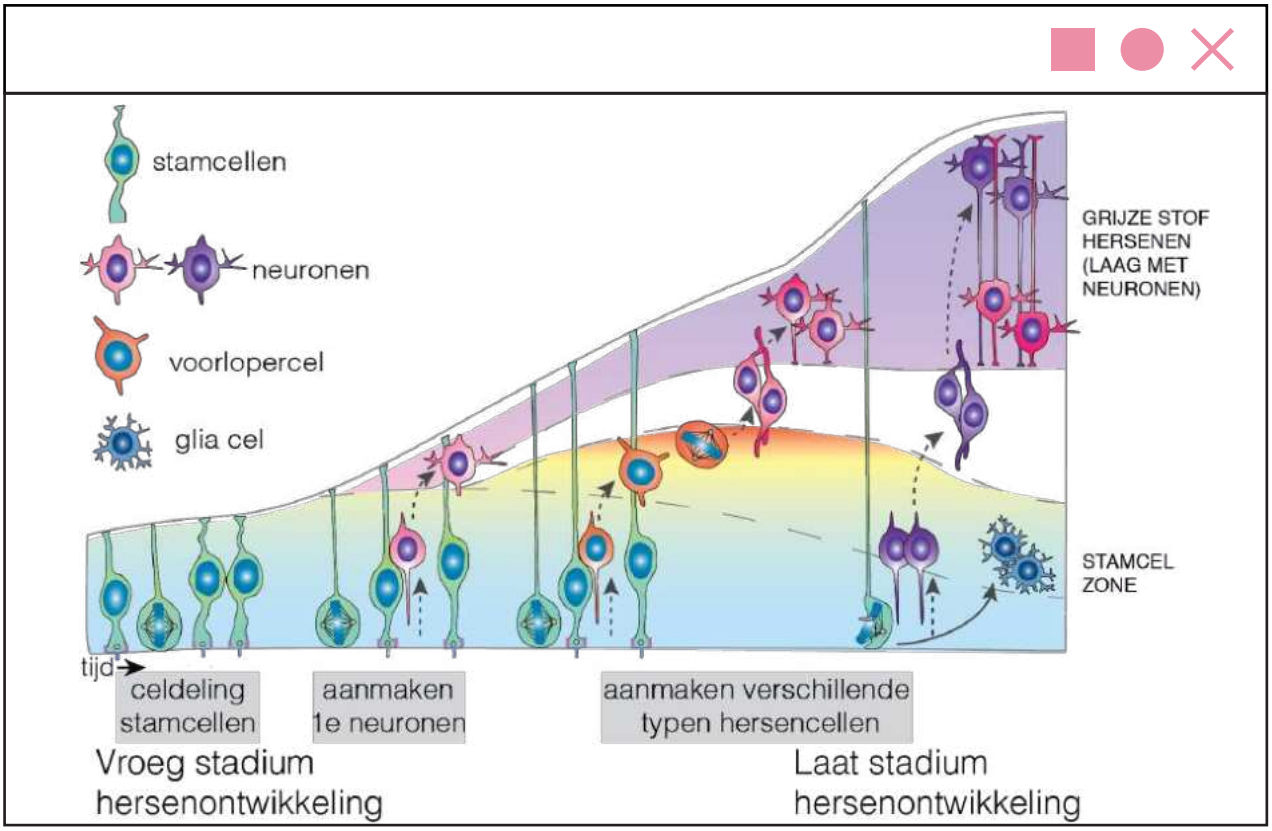
Je gaat nu het filmpje '*Judith onderzoekt hersencellen*' bekijken. De vraag die in het filmpje centraal staat is: 'Waarom doe je onderzoek naar hersenontwikkeling?' Beantwoord tijdens het kijken de volgende vragen.



1 Waarom is het hersenonderzoek dat Judith doet belangrijk? Noem twee redenen.

2 Waar haalt Judith de bronnen vandaan waarmee ze zich inleest in haar onderwerp?

3 Leg aan de hand van het plaatje op de volgende pagina uit wat een stamcel in de hersenen doet.



Schematische weergave van de rol van hersenstamcellen in de ontwikkeling van de hersenen. Hierin zie je de verschillende celtypen die in de hersenen voorkomen; stamcellen, voorlopercellen, neuronen of zenuwcellen, en gliacellen of steuncellen.

4 Waarom wijkt Judith vaak af van haar oorspronkelijke onderzoeksplan?

1 / Op zoek naar bronnen

Bekijk eerst de hulpkaart Zoeken op het internet.
Aan het eind van het filmpje heeft Judith het over een alternatieve manier van onderzoek doen, waarbij je geen dieren nodig hebt. Bij deze techniek maak je gebruik van organoïden: een mini-orgaan dat uit stamcellen in een kweekbakje groeit. In deze opdracht ga je in tweetallen meer leren over deze organoïden en wat je er mee kunt in wetenschappelijk onderzoek.

a Organoïden kunnen gebruikt worden om de oorzaak van bepaalde ziekten te onderzoeken. Naar welke aandoeningen wordt onderzoek gedaan door middel van organoïden? Probeer op internet te zoeken naar drie verschillende aandoeningen. Gebruik hiervoor de hulpkaart Zoeken op het internet en vergeet niet om je zoektermen te noteren.

Zoektermen

Aandoening 1:

Aandoening 2:

Aandoening 3:

b Welke bron(nen) heb je gebruikt? Gebruik hiervoor de hulpkaart Bronnen vermelden.

c Zoek naar vier verschillende bronnen die iets zeggen over het gebruik van organoïden bij onderzoek naar *cystic fibrosis* (taaislijmziekte). Zet deze bronnen op volgorde van meest betrouwbaar naar minst betrouwbaar. Wat maakt dat je de ene bron betrouwbaarder vindt dan de andere bron? Gebruik bij deze opdracht de hulpkaart Betrouwbaarheid.

2 / Deel het op in deelvragen!

Deze opdracht doe je weer in tweetallen. Tijdens haar onderzoek probeert Judith een antwoord te vinden op de vraag welke mechanismen belangrijk zijn bij het vormen en onderhouden van een gezond brein. Dit is een grote hoofdvraag, die niet zomaar met één experiment te onderzoeken is! Het is daarom belangrijk om deelvragen op te stellen, die je helpen om een antwoord te krijgen op de hoofdvraag.

a Verzin drie deelvragen bij de hoofdvraag van Judith. Je kunt hierbij gebruik maken van de hulpkaart Deelvragen maken.

Deelvraag 1:

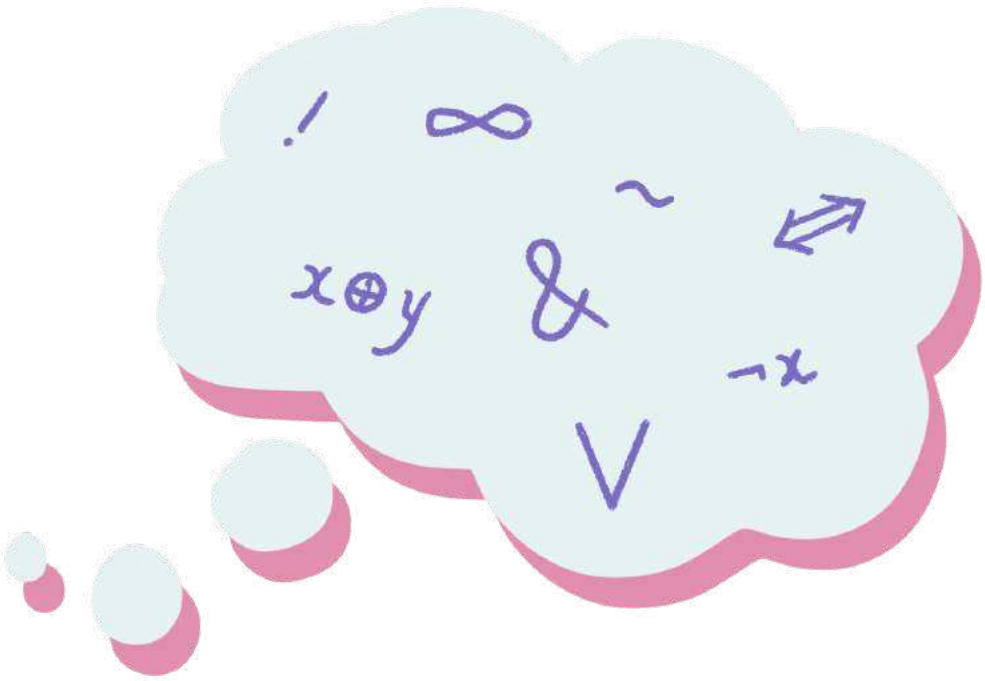
Deelvraag 2:

Deelvraag 3:

b Wat is je hypothese bij elke deelvraag? Gebruik bij deze opdracht de hulpkaart Hypothese formuleren.

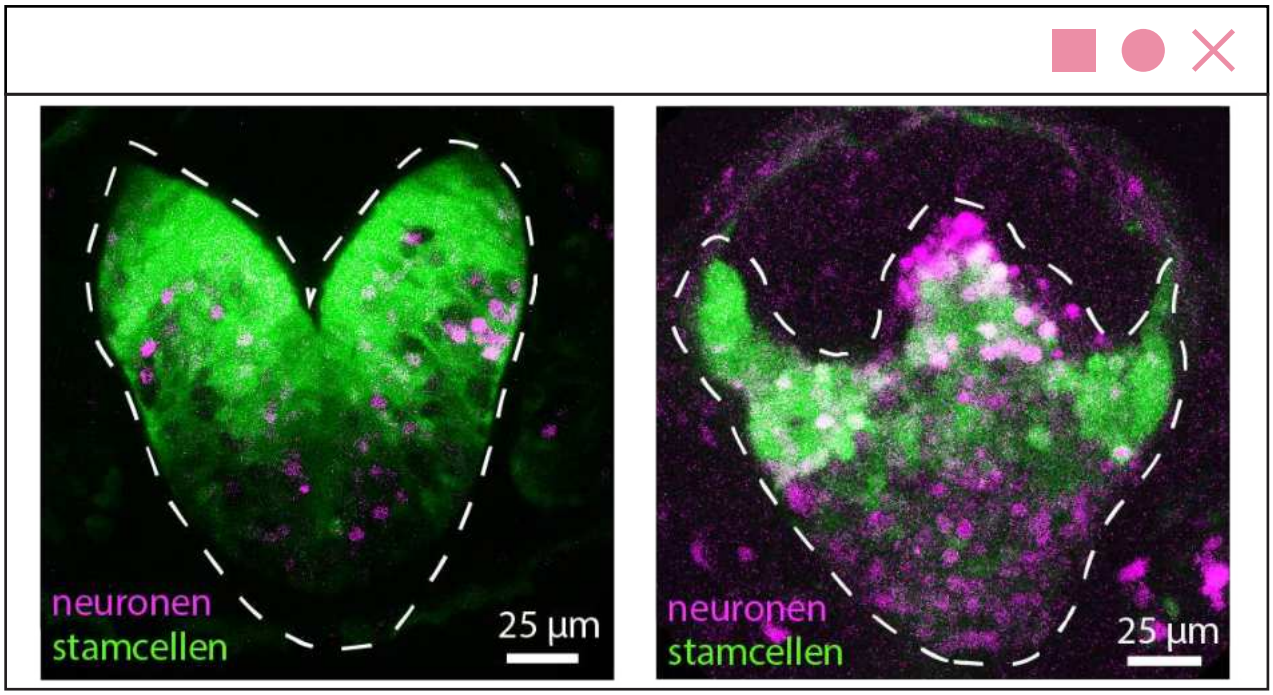
Hypothese 1:

Hypothese 2:



3 / Hoe trek jij conclusies?

a De oplichting in het volgende plaatje zijn hersencellen. Het omcirkelde gebied zijn de hersenen van een zebravis twee dagen na de bevruchting. Je ziet dat er in het rechter plaatje meer hersencellen oplichten dan in het linkerplaatje. Hieronder staan twee verklaringen voor dit resultaat. Geef van elke verklaring aan of dit wel of niet een goede verklaring is en waarom.



Representatief plaatje van een experiment uit Judiths onderzoek. Het omcirkelde gebied zijn de hersenen van een zebravisembryo. De groen gekleurde cellen zijn stamcellen, de paars gekleurde cellen zijn zenuwcellen. Er is een duidelijk verschil te zien tussen de verschillende breintjes.

i In de zebravissen van het rechterplaatje is een specifiek gen uitgeschakeld en in de linker niet.
Wel/geen goede verklaring, want

_____

_____

_____

ii De zebravissen van het rechterplaatje zijn een aantal dagen ouder dan de zebravissen van het linkerplaatje.
Wel/geen goede verklaring, want

_____

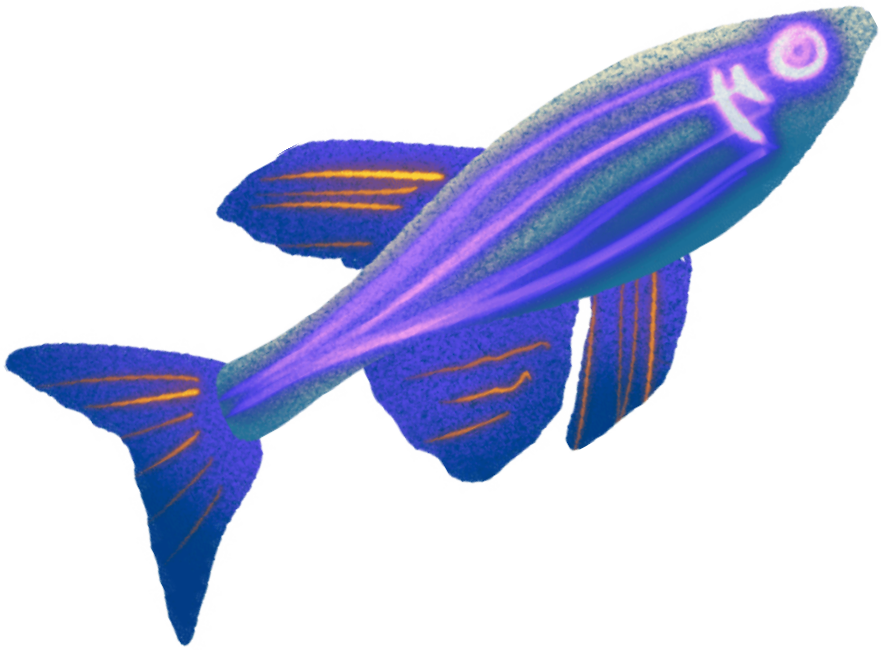
_____

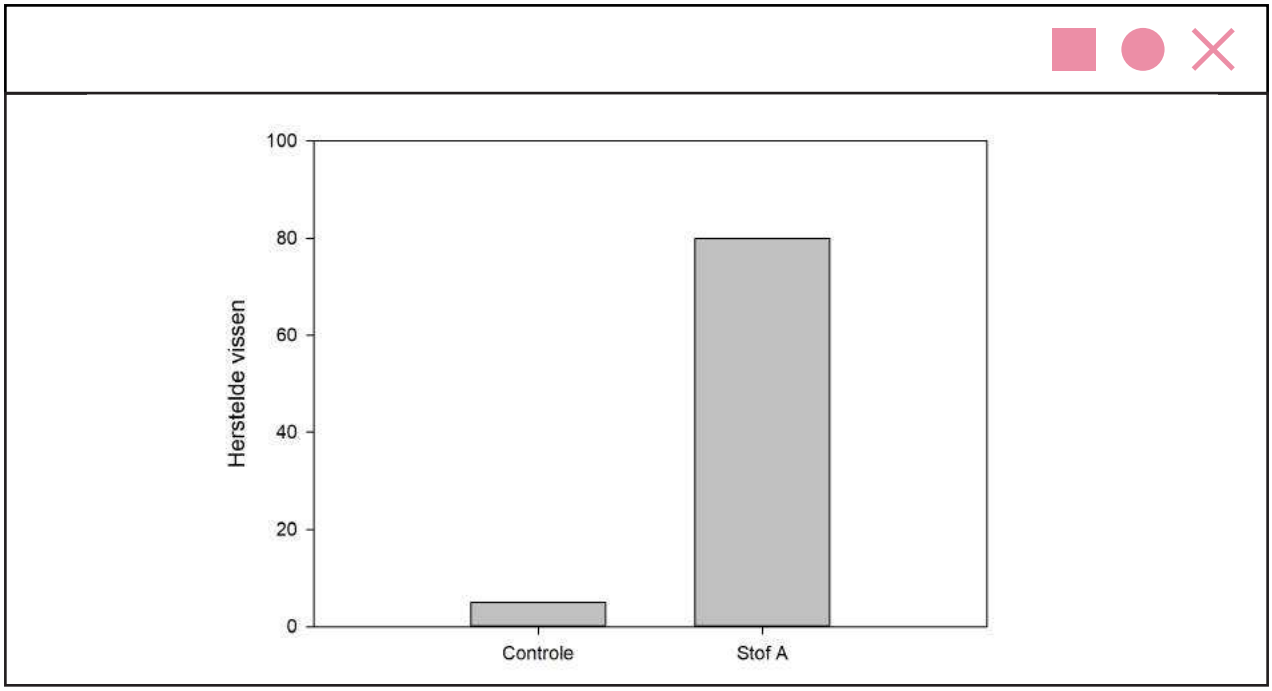
_____

Renske en Yunus gaan onderzoek doen naar de behandeling van de ziekte van Parkinson. *Als je de ziekte van Parkinson hebt, kunnen je hersenen je spieren steeds minder goed aansturen. Vaak krijg je klachten zoals traagheid, stijfheid en beven. De meeste mensen die de ziekte van Parkinson krijgen zijn tussen de vijftig en zeventig jaar oud.* Renske en Yunus gebruiken voor hun onderzoek zebravissen als modelorganisme. Doordat ze een gen bij de visjes injecteren, krijgen de zebravisjes ook echt symptomen van de ziekte van Parkinson. Vervolgens gaan Renske en Yunus verschillende stofjes aan het water toevoegen, om te kijken of de symptomen door deze stoffen verminderen en of de visjes zelfs helemaal herstellen.

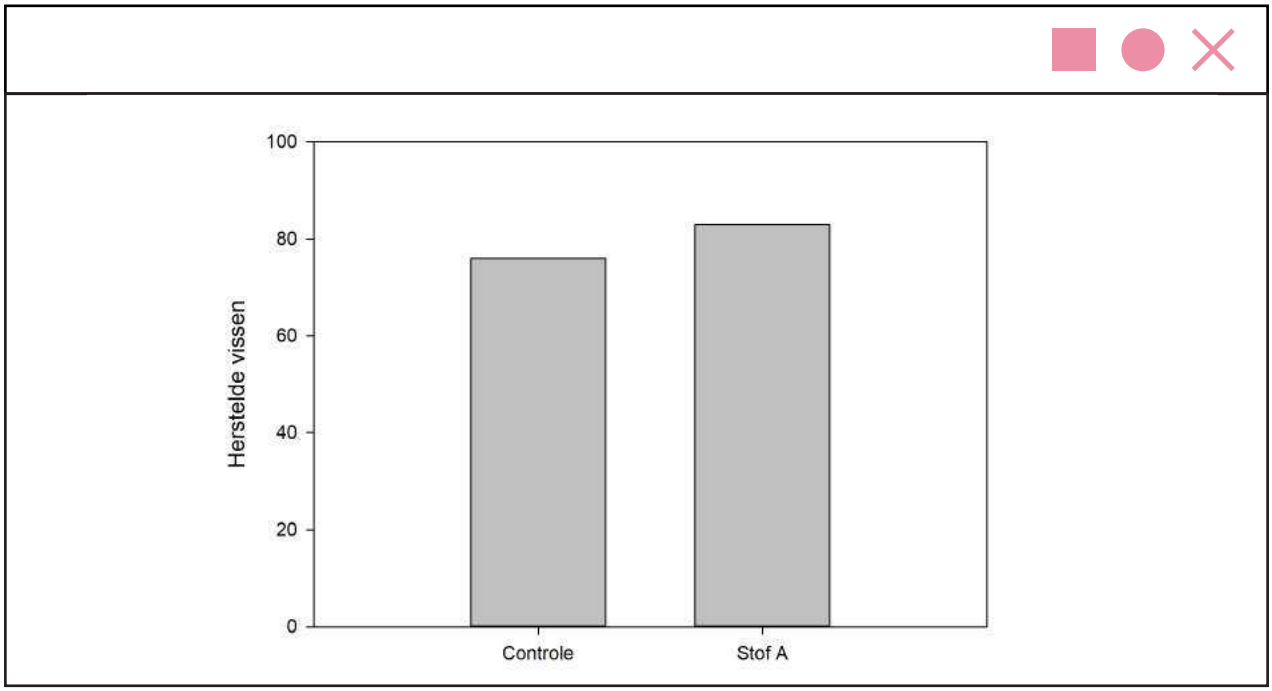
b Eerst doen ze hun experiment met drie zebravisjes. Als ze stof A toevoegen, herstellen de drie visjes van de symptomen van de ziekte van Parkinson. Welke conclusie kunnen Renske en Yunus hieruit trekken?

c Vervolgens doen ze een experiment met honderd zebravisjes. Als stof A wordt toegevoegd, herstellen tachtig van de honderd visjes van de Parkinsonsymptomen (zie grafiek 1). Renske trekt de conclusie dat stof A een goed middel is voor de behandeling van de ziekte van Parkinson bij mensen. Is dit een goede conclusie? Waarom wel/niet?





Grafiek 1. In dit experiment is gekeken na het herstel van vissen met symptomen van de ziekte van Parkinson na het toedienen van het medicijn 'Stof A' of een placebo. Na toedienen van 'Stof A' herstelt 80% van de vissen, tegenover 5% in de controlegroep.



Grafiek 2. In dit experiment is gekeken na het herstel van vissen met symptomen van de ziekte van Parkinson na het toedienen van het medicijn 'Stof A' of een placebo. Na toedienen van 'Stof A' herstelt 80% van de vissen, tegenover 75% in de controlegroep.

d Wat voor conclusie zou jij trekken als de resultaten van stof A eruitzien zoals in grafiek 2?

e Als stof B wordt toegevoegd, is duidelijk te zien dat bij alle honderd visjes de Parkinsonsymptomen verminderen. Yunus trekt de conclusie dat stof B zou kunnen helpen bij de behandeling van de ziekte van Parkinson. Is dit een goede conclusie? Waarom wel/niet?

f Als laatst voegen Renske en Yunus stof A én stof B aan het water toe. Alle vissen gaan meer trillen en spartelen dan ze deden voordat deze stoffen waren toegevoegd. Welke conclusie zou jij uit deze resultaten trekken?

LESSENSERIE 2
LESSENSERIE 2
LESSENSERIE 2
LESSENSERIE 2

Docentenhandleiding



Error!?

Jorge Pérez

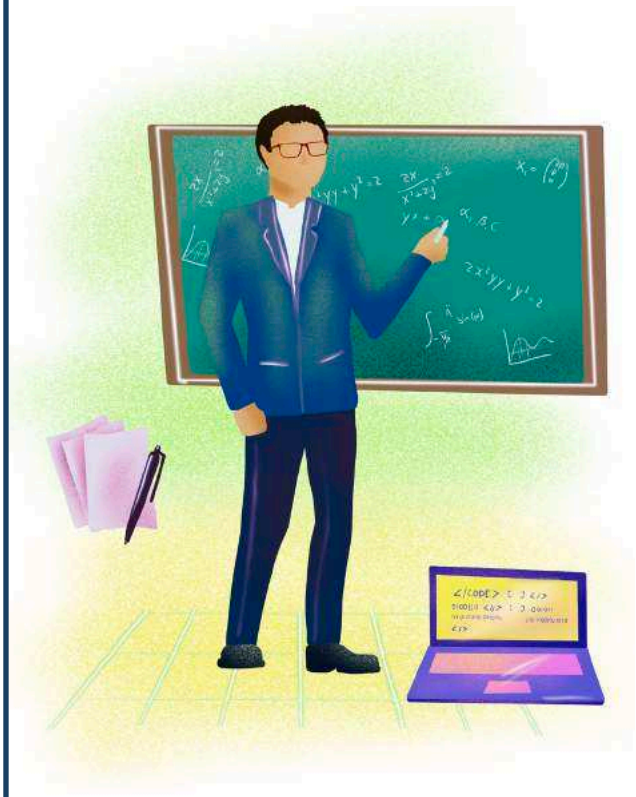
Inleiding

Iedereen maakt tegenwoordig gebruik van computerprogramma's en apps. Sterker nog, het is vrijwel onmogelijk om mee te draaien in de maatschappij zonder constant afhankelijk te zijn van allerlei verschillende software. Voor leerlingen geldt dit waarschijnlijk nog meer dan voor de meeste volwassenen. Toch weten maar weinig mensen wat er daadwerkelijk gebeurt achter de interface die wij als gebruiker te zien krijgen en nemen we het voor lief dat we het niet snappen.

Jorge Pérez doet onderzoek naar de software-correctheid van apps en computerprogramma's. Hij gebruikt hiervoor wiskundige informatica. Het onderzoek van Jorge is belangrijk, omdat programma's goed moeten werken, omdat er anders fouten kunnen ontstaan. Zulke errors kunnen kleine en grote gevolgen hebben: van een korte storing in Whatsapp tot een vliegtuigcrash.

Deze lessenserie gaat over het doen van een wiskundig informatica onderzoek. Aan het einde van deze lessenserie kennen de leerlingen de verschillende facetten van wiskundig onderzoek doen en begrijpen ze hoe dit type onderzoek verschilt van andere bèta-onderzoeken (die vaak meer gebruik maken van experimenten). In de eerste les maken de leerlingen kennis met de mens achter de wetenschapper. De leerlingen zullen zich in les 2 bezighouden met logische opdrachten in een escaperoom. De tweede les focust zich op de onderzoeksfasen 'Onderzoeksvraag en Hypothese, 'Uitvoeren en resultaten' en 'Conclusies en verklaren', aangezien deze drie fasen anders aangepakt worden door een wiskundig onderzoeker dan door andere bèta-wetenschappers.

Over de wetenschapper



Jorge Pérez

Jorge Pérez is verbonden aan de faculteit Science and Engineering van de Rijksuniversiteit Groningen. Hier is hij sinds 2019 universitair hoofddocent in de grondslagen van software. Pérez' onderzoeksgroep houdt zich bezig met hoe er foutloze computerprogramma's kunnen worden ontwikkeld. Daarnaast is Jorge nog verbonden met het Centrum voor Wiskunde en Informatica en het NOVA Laboratory Institute of Computer Science and Informatics.

Opbouw lessen

	Doelen van de les	Onderzoeksfases	Verloop van de les
Les 1	Leerlingen leren om.. • hun eigen vooroordelen over wetenschappers te evalueren. • hoe een wetenschappelijke carrière kan verlopen • verschillende wetenschappelijke termen die te maken hebben met een wetenschappelijke carrière	• Fase 1: Verwondering	• Jorge de wetenschapper (±10 min) • Filmpje kijken (± 2 min) • Kijkvragen (± 5 min) • Wetenschappelijke weg (± 10 min) • Jorge's wetenschappelijke weg (±10 min)
Les 2	Leerlingen leren... • wat een axioma en een stelling is • de leerling kan voorbeelden bedenken van een axioma.	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning	• Introductie van de escaperoom • Voorkennisopdracht: Op volgorde zetten • Filmpje wetenschapper • Kijkvragen • Opdracht 1: Wat zijn axioma's? • Opdracht 2: In de lift • Opdracht 3: Waarheidstabel • Opdracht 4: Exit ticket
Les 3	De leerling leert... • hypotheses opstellen over een logisch vraagstuk • hoe je een onderzoek doet in de wiskundige informatica • wat de gevolgen van "errors"kunnen zijn • conclusies trekken uit resultaten van logische vraagstukken	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag & hypothese • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusies & discussie	• Entreeticket • Voorkennisopdracht (± 7 min) • Filmpje wetenschapper kijkvragen (± 12 min) • Opdracht 1: Verwonderen, Verkennen en Onderzoek opzetten (± 10 min) • Opdracht 2: Onderzoek uitvoeren (± 10 min) • Opdracht 3: Concluderen en presenteren (± 10 min)

LES 01

Les 1: Jorge de Wetenschapper

Leerdoelen	• Leerlingen **evalueren** hun eigen vooroordelen over wetenschappers. • Leerlingen **leren** hoe een wetenschappelijke carrière kan verlopen. • Leerlingen **leren** over verschillende wetenschappelijke termen die te maken hebben met een wetenschappelijke carrière.
Veronderstelde voorkennis leerlingen/beginsituatie	N.v.t.
Verloop van de les	De les bestaat uit vijf opdrachten 1. De wetenschapper Jorge 2. Kijkvragen 3. Wetenschappelijke weg 4. Jorges wetenschappelijke weg
Voorbereiding docent	Werkbladen uitdelen, filmpjes klaarzetten.
Werkmaterialen	Werkblad, eventueel materiaal plusopdracht.

1 / De wetenschapper Jorge

Wat?
Leerlingen delen hun oordelen over ‘de wetenschapper’.

Hoe?
Leerlingen zien een aantal foto’s van hobby’s. Ze moeten kruisjes zetten bij de foto’s waarvan zij denken dat dit Jorges hobby’s zijn.

2 / Kijkvragen

Wat?
Leerlingen bekijken het filmpje ‘*Over inspirerend onderzoek: Jorge Pérez*’ en denken na of het beeld dat ze van Jorge hebben klopt.

Hoe?
Leerlingen vullen na het filmpje de vragen op het werkblad in. Bespreek na het invullen de antwoorden klassikaal.



Vragen op het werkblad

1 Hoe goed was Jorge in wiskunde op de middelbare school?

2 Wat vindt Jorge leuk om te doen?

3 Leg uit dat een computer scientist niet alleen maar tijd achter zijn of haar computer doorbrengt.

4 Floor beweert: 'Een computer scientist is meestal een slimme man die alleen achter zijn computer werkt en in zijn vrije tijd alleen maar gamet.' Beargumenteer waarom dit vooroordeel niet klopt.

5 Waardoor werd Jorge geïnteresseerd in computers?

6 De vraag van Jorge: "Wat zijn jouw opvattingen over computerwetenschappers die niet blijken te kloppen?" Gebruik bij je antwoord ook je antwoorden van opdracht 1.

Antwoordmodel

1 Jorge haalde op de middelbare school gemiddelde cijfers voor wiskunde.

2 Jorge vindt het leuk om tijd met zijn familie door te brengen. Daarnaast vindt hij het leuk om films, sport en voetbal te kijken.

3 Jorge werkt veel met pen en papier bij zijn onderzoek.

4 Het vooroordeel klopt niet, omdat:
- Jorge vertelt dat hij veel vrouwelijke collega's en studentes heeft.
- Jorge aangeeft dat hij veel met pen en papier werkt.
- Jorge in zijn vrije tijd eigenlijk niet met computers bezig is.

5 Jorge werd op jonge leeftijd geïnteresseerd in computers door zijn vader. Zijn vader werkte in Colombia als softwareontwikkelaar. Hij schreef codes, vertelde Jorge verhalen over zijn werk en bracht boeken over computergebruik mee naar huis.

6 -

Vallende kwartjes

- *Leerlingen zien in dat een computerwetenschapper niet uitsluitend iemand is die alleen maar achter de computer werkt.*
- *Leerlingen laten zien hoe Jorge's interesse voor computers is ontstaan.*
- *Leerlingen zien in dat een wetenschapper ook een mens is met hobby's en niet alleen maar met zijn of haar werk bezig is.*



3 / Wetenschappelijke weg

Wat?
Leerlingen leren verschillende wetenschappelijke termen die te maken hebben met een wetenschappelijke carrière.

Hoe?
Leerlingen vullen de juiste wetenschappelijke term in bij de omschrijving. Bespreek deze opgave klassikaal. De werkvorm denken-delen-uitwisselen is geschikt voor deze opdracht.

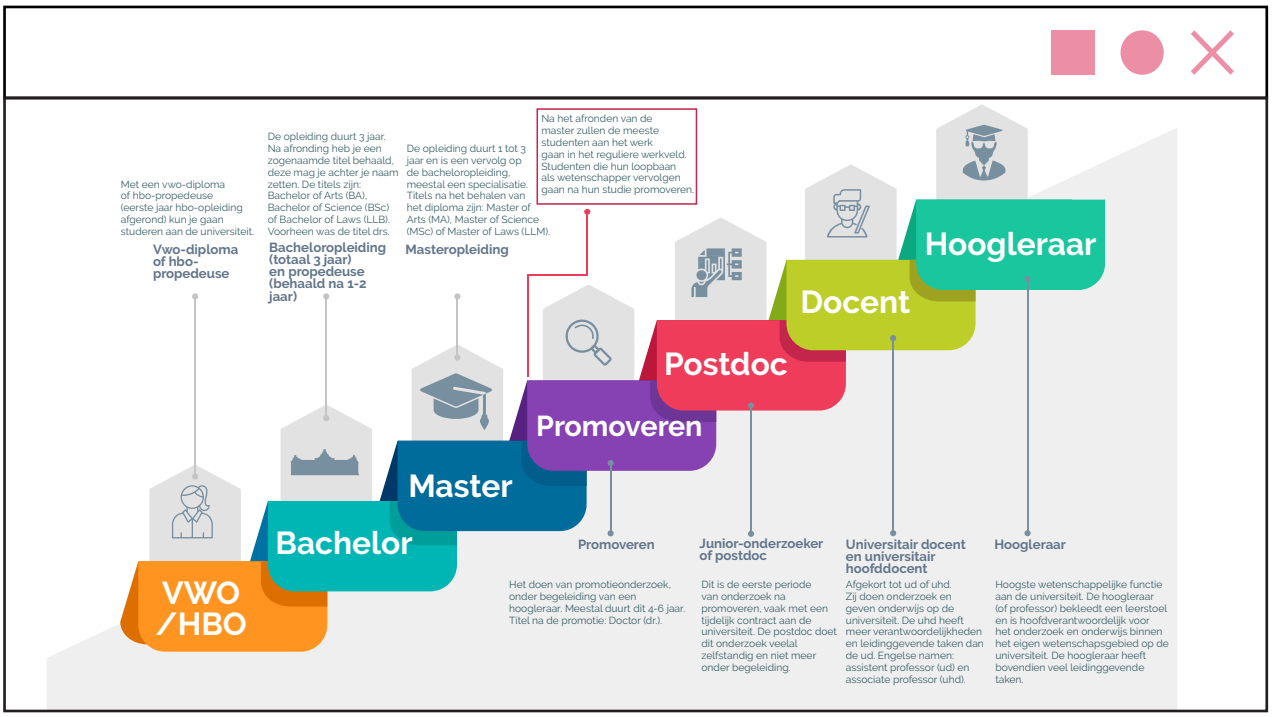
NB
Bij het bespreken van de opdracht is het verstandig om te benadrukken dat:

- je niet zomaar met een hbo-bachelor wordt toegelaten tot universitaire opleidingen. Soms moet je nog een schakelprogramma volgen. Een schakelprogramma is een opleiding waarbij je extra vakken volgt.
- het verschilt per vakgebied of je tijdens je promotieonderzoek al les geeft of niet.

Antwoordmodel opgave 3a

Term	Omschrijving
Bachelor	Deze opleiding duurt drie jaar. Als je deze opleiding afrondt behaal je de titel 'Bachelor of Arts' (BA), 'Bachelor of Science' (BSc) of 'Bachelor of Laws' (LLB).
Master	Deze opleiding duurt meestal een tot twee jaar. Hier verbreed of verdiep je je kennis die je in je bacheloropleiding hebt opgedaan. De meeste studenten gaan naar hun master op zoek naar een baan in het reguliere werkveld.
Promoveren	Het doen van onderzoek. De promovendus voert zelfstandig een nieuw wetenschappelijk onderzoek uit.
Postdoc	Een synomiem voor deze term is junior-onderzoeker. Deze term staat voor post-doctoraal onderzoeker. Dit onderzoek doe je na de afronding van je promotieonderzoek.
Universitair docent	Afgekort tot ud of uhd. Een universitair docent doet onderzoek en geeft onderwijs op een universiteit.
Hoogleraar	Hoogste wetenschappelijke functie aan de universiteit. Deze persoon bekleedt een leerstoel en is verantwoordelijk voor het onderzoek en onderwijs in het eigen wetenschapsgebied op de universiteit.
Vwo-diploma	Met dit diploma kun je gaan studeren aan een universiteit. Dit is ook mogelijk met een hbo-propedeuse.

Antwoordmodel opgave 3b



Vallend kwartje
Leerlingen zien in hoe een wetenschappelijke carrière kan verlopen.

4 / Jorges wetenschappelijke weg

Wat?
Leerlingen bestuderen de wetenschappelijke carrière van Jorge.

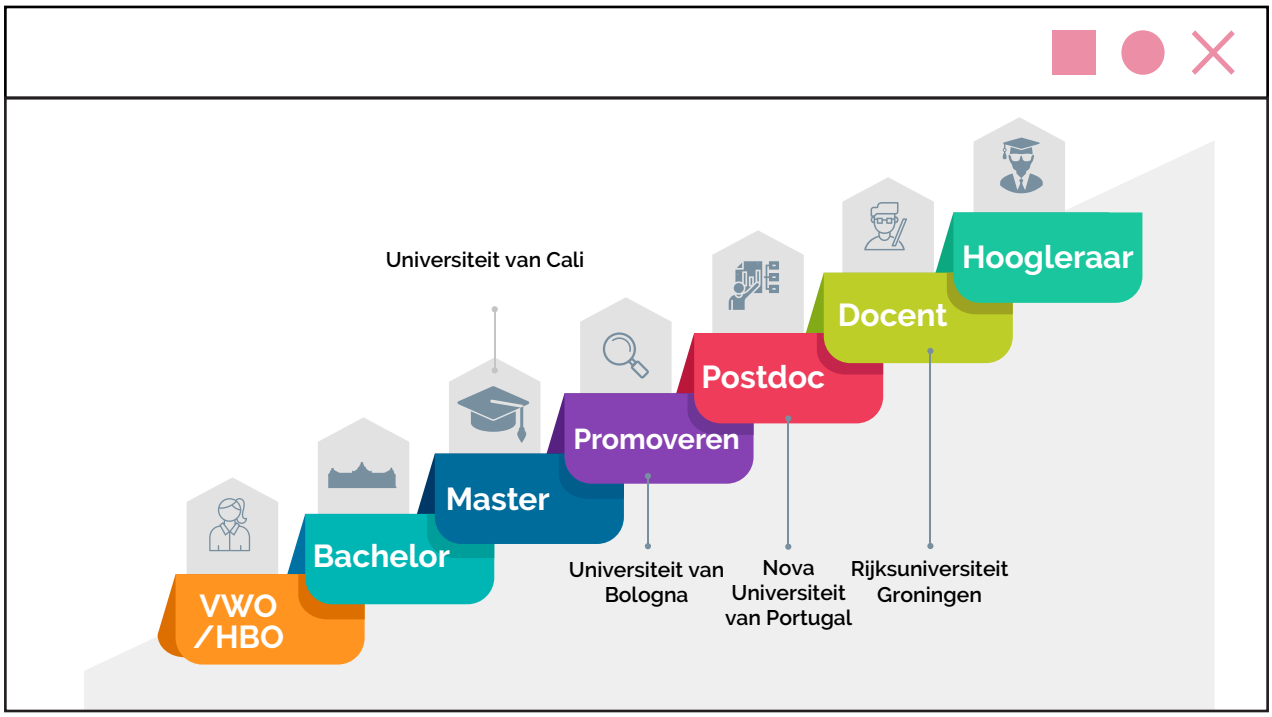
Hoe?
Leerlingen lezen de cv van Jorge door en komen zo te weten waar Jorge gestudeerd en gewerkt heeft. Leerlingen zetten de namen van deze universiteiten op het wetenschappelijke pad. Bespreek de uitkomsten klassikaal.

Antwoordmodel opgave 4a

Vragen op het werkblad

a Officieel betekent curriculum vitae 'levensloop'. Het is een overzicht van werkervaring en diploma's, maar er staat ook persoonlijke informatie op, zoals hobby's en vaardigheden.

b



c Het valt op dat Jorge aan veel verschillende universiteiten heeft gestudeerd en gewerkt.

NB

Bij de bespreking is het belangrijk om te benadrukken dat Jorge hiermee geen uitzondering is. Veel studenten volgen ook enkele vakken aan een andere (buitenlandse) universiteit. Zo volgen masterstudenten hun tweede project weleens in het buitenland. Ook postdoctorale onderzoekers gaan soms voor een langere tijd naar het buitenland.

Vallend kwartje

- *Leerlingen zien in dat je ook in het buitenland kunt studeren.*
- *Leerlingen worden zich bewust van hoe een wetenschappelijke carrière kan verlopen.*

Curriculum vitae

Jorge A. Pérez

December 2020

Bernoulli Instituut voor Wiskunde, Informatica en Kunstmatige Intelligentie

Academische posities

Huidige positie

- Universitair hoofddocent in Grondslagen van Software, Rijksuniversiteit Groningen, Nederland sinds juli 2019.

Vorige posities

- Assistant professor, Rijksuniversiteit Groningen, 2014 - 2019.
- Postdoctoraalonderzoeker, NOVA-universiteit van Portugal, Portugal, 2010 - 2014.
- PhD-student, Universiteit van Bologna, Italië, 2007 - 2009.

Onderwijs

- PhD in computerwetenschappen, Universiteit van Bologna, Italië, 2010.
- Masteropleiding in computerwetenschappen, Universiteit van Cali, Colombia, 2006.

LES 02

Les 2 - De wiskundige wereld van de logica

Leerdoelen	• De leerling kan uitleggen wat een axioma en stelling is • De leerling kan voorbeelden bedenken van een axioma
Beginsituatie	Geen specifieke voorkennis vereist
Verloop van de les	Deze les is gemaakt in de vorm van een escaperoom. Hieronder staat het verloop van de les beschreven: 1. Introductie van *Escape the classroom* 2. Voorkennisopdracht: Op volgorde zetten 3. Filmpje '***De logica achter software***' + kijkvragen 4. Opdracht 1: Wat zijn axioma's? 5. Opdracht 2: In de lift 6. Opdracht 3: Waarheidstabel 7. Opdracht 4: Exit ticket
Werkmaterialen	• 1x houten kistje (optioneel) • 1x drie cijferig cijferslotje (optioneel) • Enveloppen (optioneel) • Leg opdracht 2 in het houten kistje (optioneel, aantal opdrachten = aantal groepjes)
Voorbereiding docent	• Print de bijlagen uit (aantal keer printen: aantal leerlingen/4) • Zet het filmpje ***De logica achter software*** klaar • Print de hints uit, stop deze in een enveloppe en verstop de hints in de klas

Wat is de rol van de docent?

- De docent heeft een begeleidende rol tijdens deze les.
- De docent checkt de antwoorden per groepje. Het is hierbij van belang dat de een groepje eerst de juiste antwoorden heeft voordat de docent de volgende opdracht uitdeelt.
- De docent kan ervoor kiezen om de opdrachten in een envelop te stoppen
- De docent kan ervoor kiezen om de link van het filmpje met de leerlingen te delen wanneer ze de correcte code hebben gevonden bij de voorkennisopdracht
- Een andere optie is dat de docent het filmpje aan het begin van de les klassikaal laat zien. Of om de kijkvragen voorafgaand aan de voorkennisopdracht uit te delen.
- De docent kan ervoor kiezen om opdracht 2 (aantal opdrachten = aantal groepjes) in één houten kistje te stoppen. Dit houten kistje kan ergens in het lokaal geplaatst worden. Zodra een groepje de code gekraakt heeft, pakt het groepje 1 exemplaar van opdracht 2 uit het kistje.
- Zodra het eerste groepje het exit-ticket correct heeft ingevuld kan de docent een winnaar uitroepen.

Escape the classroom

Wat?
In deze les zullen de leerlingen proberen te ontsnappen uit het klaslokaal vol opdrachten die te maken hebben met wiskundige logica. De leerlingen maken kennis met het begrip 'logica' door middel van een voorkennisopdracht met logische puzzels. De leerlingen leren Jorge Pérez kennen, een onderzoeker in de wiskundige informatica. Hij vertelt in een video over verschillende wiskundige begrippen, zoals axioma's. De opdrachten in deze les zijn gericht op het werken met deze axioma's en proposities.

Uitleg

De leerlingen gaan vandaag aan de slag met het ontsnappen uit een escaperoom. Verdeel de leerlingen in groepjes van vier personen. Hun eerste opdracht start meteen. Je kunt de les inleiden met de volgende informatie:

> Het lijkt er misschien niet meteen op, als je om je heen kijkt, maar jullie zijn gevangen genomen in de Koninklijke Munt van Spanje (de plek in Spanje waar al het geld gedrukt wordt). Samen met je klasgenoten worden jullie gegijzeld gehouden door zeven Spaanssprekende mensen met rode uniformen en maskers op.
> Alle groepjes krijgen een envelop toegeschoven.

Voorkennisopdracht

Wat?
De leerlingen gaan aan de slag met een logisch raadsel, waarmee de escaperoom begint.

Werkwijze

De leerlingen krijgen per groepje van vier een envelop mee met daarin de eerste opdracht. Na de uitvoering van elke opdracht komen de leerlingen bij de docent om het antwoord te controleren. Als de leerlingen de juiste code doorgeven en kunnen uitleggen waarom dit de juiste code is, wordt de volgende opdracht meegegeven.

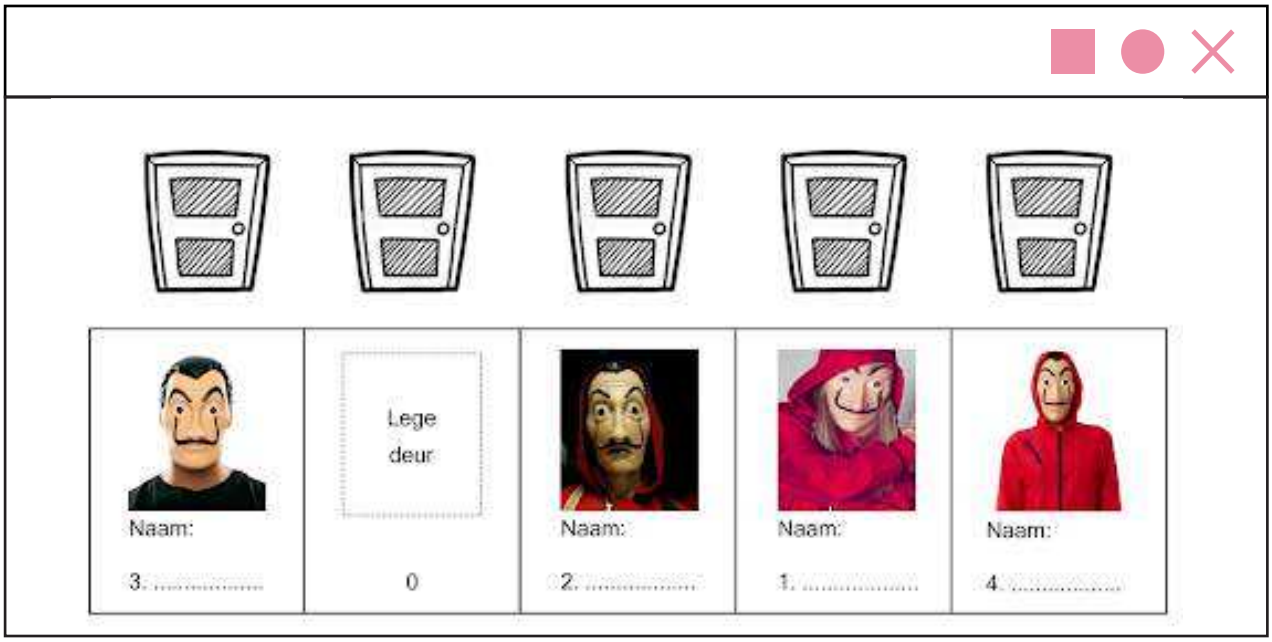
NB

Tijdens deze opdracht moet een filmpje '*De logica achter software*' worden afgespeeld, waarin de Jorge uitleg geeft over axioma's en wiskundige logica. Dit filmpje moet worden afgespeeld als het eerste groepje de opdracht *Op volgorde zetten* goed heeft afgerond.
Leid dit filmpje in door te zeggen: '*De tablet gaat af, let goed op, want in dit filmpje wordt belangrijke informatie gegeven die jullie later nog nodig hebben. Pak de kijkvragen uit de envelop erbij en beantwoord de vragen.*'

Uitleg

Uitleg op volgorde zetten:
Er zit precies één deur tussen (2) … en (4) …
Er zitten of twee, of drie deuren tussen (3) … en (1) …
Zowel (1) … als (4) … staat niet naast een deur waar niemand staat.

(antwoord: 30214)

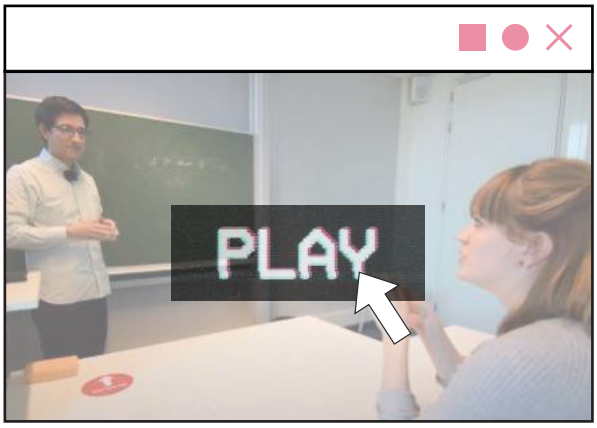


Als de leerlingen hier niet uitkomen, kan een hint gegeven worden. De eerste hint die gegeven kan worden is dat nummer 3 voor deur 1 staat. De tweede hint die gegeven kan worden is dat nummer 1 voor de vierde deur staat.

NB
Bij voltooiing van deze opdracht door het eerste groepje: introduceer het filmpje van Jorge (zie volgende pagina). Geef het volgende werkblad mee: Opdracht 1 - Wat zijn Axioma's?

Filmpje 2 - De logica achter software

Wat?
Dit filmpje wordt afgespeeld tijdens de voorkennisopdracht. In het filmpje introduceert Jorge de relevantie van het onderwerp 'onderzoek doen naar softwarecorrectheid'. Over dit onderwerp wordt in de volgende video meer verteld. Les 3 gaat hier verder op in. Hij legt verder uit wat een wiskundige theorie precies is en uit wat voor wiskundige elementen een wiskundige theorie bestaat (axioma's).



Kijkvragen

Wat?
Naar aanleiding van het tweede filmpje van Jorge Pérez worden onderstaande vragen beantwoord door de leerlingen.

Werkwijze (± 10 minuten)

Op het werkblad staan vier vragen waar leerlingen antwoord op moeten geven tijdens en/of na het kijken van het filmpje van Jorge. Deze antwoorden worden naderhand klassikaal besproken.

Kijkvragen

1 Waarom is het belangrijk dat programma's goed werken?

2 Wat voor gevolgen kan het hebben als ze niet goed werken? Benoem voorbeelden die in het filmpje verteld werden en verzin zelf een voorbeeld.

3 Vat in je eigen woorden samen wat Jorge bedoelt met een wiskundige theorie.

4 Meriam benoemde dat Jorge eigenlijk helemaal geen 'data' nodig heeft zoals in andere experimenten. Met wat voor gegevens werkt Jorge dan wel? Wat voor onderzoeksmethoden gebruikt Jorge eigenlijk?

Antwoorden

1 Programma's moeten goed werken. Als dit niet het geval is dan kan dit nare consequenties hebben.

2 Crash van een formule 1 auto, een pakketje dat fout wordt verzonden, een berichtje dat verkeerd wordt verzonden, geld dat niet of naar een ander persoon wordt overgemaakt.

3 Een wiskundige theorie bestaat uit axioma's. Dit zijn bouwstenen die we als waar beschouwen. We hebben meerdere axioma's nodig om een wiskundige theorie op te stellen.

4 Jorge gebruikt theorieën. Die theorieën probeert hij te bewijzen door aan te tonen dat de axioma's (bouwstenen) consistent zijn.



Vallend kwartje

De leerlingen begrijpen dat een wiskundig onderzoeker vaak anders werkt dan de gemiddelde wetenschapper. Er komen geen experimenten aan te pas. In plaats daarvan werkt de wiskundig onderzoeker met wiskundige theorieën. De leerlingen maken kennis met het begrip 'axioma'.

1 / Wat zijn axioma's?

Wat?
De escaperoom gaat verder. Na de introductie van wiskundige logica in het filmpje van Jorge, gaan de leerlingen aan de slag met axioma's (of verder met de voorkennisopdracht, als ze daar nog niet mee klaar waren). De leerlingen gaan redeneren of een zin een axioma is. Hierbij moeten ze zich afvragen of de zin een bewering is (en niet bijvoorbeeld een vraag of een verzoek) en of de bewering wel waar is.

Werkwijze

De leerlingen krijgen een werkblad met daarop zes zinnen. De leerlingen moeten een code vormen van de getallen die wel een axioma zijn en moeten kunnen uitleggen waarom dit axioma's zijn. De leerlingen vertellen deze code aan de docent. Als de code en uitleg juist is krijgen de leerlingen de volgende opdracht mee.
Als er beschikking is over een cijferslotje kan deze ingezet worden om de code te checken. Stel hiervoor eerst de goede code in: 236.

i Blauw is geen kleur.

ii Donald Trump is de president van Amerika geweest.

iii Er zijn alleen oneven priemgetallen.

iv Pak de hagelslag even voor mij.

v Is er een leuke film op de televisie vanavond?

vi 17 is een priemgetal.



Vallend kwartje
De leerlingen kunnen uitleggen wat een axioma is.

Uitleg

De code is 236.

i Dit kan geen axioma zijn, omdat deze bewering niet waar is.

ii Dit kan een axioma zijn, want het is een bewering die we als waar beschouwen.

iii Dit kan een axioma zijn, want het is een bewering die we als waar beschouwen.

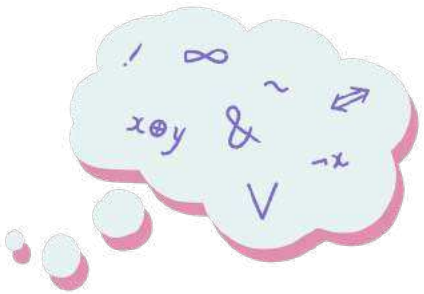
iv Dit kan geen axioma zijn, omdat dit geen bewering is maar een verzoek.

v Dit kan geen axioma zijn, omdat dit geen bewering is maar een vraag.

vi Dit kan een axioma zijn, want het is een bewering die we als waar beschouwen.

Informatie meegeven volgende opdracht:

Het is je gelukt om het luik te openen! Het luik blijkt een opening te zijn naar een liftschacht. Jullie klimmen met zijn vieren langs de liftkabel naar beneden en klimmen in de lift.
Geef 'Opdracht 2 - In de lift' mee.



2 / In de lift

Wat?
In deze opdracht gaan de leerlingen verder aan de slag met het begrip 'axioma'. De leerlingen gaan logisch redeneren met ALS-DAN-stellingen' (proposities). Na deze opdracht kunnen de leerlingen zelf axioma's en stellingen verzinnen. Ook zullen de leerlingen inzien dat als P dan Y, dit niet per se betekent dat als Y dan P (als de lift omhoog beweegt: heeft dan iemand op de knop in de lift gedrukt? Niet per se: iemand kan ook van buitenaf op de tiende verdieping op de knop gedrukt hebben).

Werkwijze

a De leerlingen zien op hun werkblad een lijstje met ALS-DAN-stellingen die horen bij de afbeelding van een liftpaneel.

b De lift begint te bewegen en de leerlingen moeten redeneren of het komt doordat zij op de knop hebben gedrukt, of dat de lift om een andere reden naar boven beweegt.



Vallend kwartje
De leerlingen zullen inzien dat in verschillende systemen/apparaten/ software axioma's ALS-DAN- stellingen voorkomen. De leerlingen zullen inzien dat een ALS-DAN stelling niet altijd ook andersom werkt.

Uitleg

a ALS je op de knop  klikt, DAN sluit de deur.

ALS je op de knop  klikt, DAN opent de deur.

ALS je op de knop 

klikt, DAN gaat een alarm af.

ALS je op de knop 

klikt, DAN beweegt de lift naar de parkeergarage.

ALS je op de knop 

klikt, DAN gaat de lift naar de tiende verdieping.

b Probeer hierbij een discussie aan te wakkeren waaruit naar voren komt dat ALS P DAN Q, niet altijd betekent dat ALS Q, DAN P. Proposities werken niet altijd ook andersom, omdat er nog veel andere mogelijkheden zijn (ALS P, DAN X of Y of Z, etc.; ALS de lift naar de tiende verdieping gaat, DAN heeft iemand in de lift op '10' gedrukt, OF iemand op de tiende verdieping heeft op de knop van de lift gedrukt).

Informatie meegeven volgende opdracht:

Geef hierna de volgende opdracht: 'Opdracht 3 - Waarheidstabel' mee.

3 / Waarheidstabel

Wat?
Deze opdracht gaan de leerlingen verder aan de slag met voorwaardelijke proposities.

Werkwijze

De leerlingen krijgen een introductietekst van de opdracht:
Jullie moeten gauw deze lift uit! Terwijl jullie weer uit het luik proberen te klimmen horen jullie een stem over de intercom van de lift:

> 'Hoi allemaal, dit is Rio. Op de achtste verdieping hebben twee van mijn mede-gijzelnemers op de knop van de lift gedrukt. Jullie moeten er snel uit. Als jullie op de knop voor de vijfde verdieping klikken, dan kom ik jullie helpen'.

Ze moeten eerst de propositie 'ALS jullie op de knop voor de vijfde verdieping klikken, DAN kom ik jullie helpen' uit de tekst opmaken en gaan hier vervolgens mee aan de slag.
Vier situaties staan beschreven die zich kunnen voordoen binnen deze twee axioma's:

i Wij hebben **niet** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **niet** komen helpen.

ii Wij hebben **niet** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **wel** komen helpen.

iii Wij hebben **wel** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **niet** komen helpen.

iv Wij hebben wel op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons wel komen helpen.

Hierna beantwoorden de leerlingen de volgende vragen:

a Welke propositie gebruikte Rio in zijn bericht?

b In welke gevallen kan Rio beschuldigd worden van een leugen? Leg bij elke stelling uit waarom wel/niet.

c Je kunt hier ook een zogenaamde 'waarheidstabel' van maken. In dit geval is 'Wij klikken op de knop voor de vijfde verdieping' de P en 'Rio komt ons helpen' de Q. Vul onderstaande tabel in voor elke P- en Q-combinatie: is de propositie waar of niet waar?
Heb je bij opdracht b ingevuld dat de uitspraak de waarheid is? Schrijf dan een '1' op. Heb je bij opdracht b opgeschreven dat de uitspraak een leugen is? Vul dan een '0' in.

Uitleg

a Rio gebruikt hier een implicatie of gevolgtrekking; als A dan B.

b

i Jullie hebben niet op de knop gedrukt, dus Rio hoeft ook niet te komen helpen. Hier is niet gelogen.

ii Hier is Rio genereus geweest: jullie hebben niet op de knop gedrukt en toch is hij komen helpen. Rio heeft nooit gezegd dat hij uitsluitend zou helpen als jullie op de knop hebben gedrukt, dus dit is geen leugen.

iii Deze situatie gaat absoluut in tegen de belofte die Rio net gemaakt heeft. Hier is hij zeker een leugenaar.

iv Hier is Rio netjes zijn belofte nagekomen.

c

P	Q	Als P dan Q
Niet waar	Niet waar	1
Niet waar	Wel waar	0
Wel waar	Niet waar	0
Wel waar	Wel waar	1

Om een '1' in de kolom te krijgen moeten de 'waarden' (niet waar/wel waar) hetzelfde zijn in zowel P als Q.



Exit-ticket

Wat?
De leerlingen sluiten deze escaperoom af met een exit-ticket.

Werkwijze

Om het gebouw te kunnen verlaten, moeten de leerlingen aan de politie duidelijk maken dat ze leerlingen zijn, en niet bij de criminelen horen. Dit kunnen ze doen door de exit-ticketvragen juist te beantwoorden.
De vragen zijn:

1 Wat is een axioma?

2 Wat bedoelde Jorge precies met een wiskundige theorie?

3 Hoe wordt deze zin 'Als X, dan P', ook wel genoemd?

4 Waarom is het belangrijk, volgens Jorge, dat programma's goed werken?

5 Wat voor gevolgen kan het hebben als programma's niet goed werken? Benoem voorbeelden die in het filmpje verteld werden en verzin zelf een voorbeeld.

6 In het filmpje van de wetenschapper Jorge, benoemde Meriam dat Jorge eigenlijk helemaal geen 'data' nodig heeft, zoals in andere experimenten. Met wat voor gegevens werkt Jorge dan wel?

Vallend kwartje

De leerlingen begrijpen nu wat een axioma is en hoe je axioma's in een propositie kan gebruiken. Verder hebben de leerlingen kennis gemaakt met Jorge en zijn onderzoek over wiskundige informatica. Jorge doet onderzoek naar hoe goed programma's werken, waarbij hij gebruik maakt van axioma's, proposities en bewijzen.

Uitleg

Om het gebouw te kunnen verlaten, moeten de leerlingen aan de politie duidelijk maken dat ze leerlingen zijn, en niet bij de criminelen horen. Dit kunnen ze doen door de exit-ticketvragen juist te beantwoorden.
De vragen zijn:

1 Een axioma is een **bewering** die we als '**waar**' beschouwen.

2 Een wiskundige theorie is een combinatie van verschillende axioma's. Elke axioma werkt op zijn eigen manier.

3 Een propositie.

4 Als een programma niet goed werkt kunnen er errors ontstaan.

5 Errors kunnen grote gevolgen hebben, zoals een vliegtuig- of een autocrash. Andere voorbeelden kunnen zijn: Whatsapp kan geen berichten versturen, Google Maps geeft je de verkeerde route, et cetera.

6 Jorge heeft alleen theorieën (axioma's en proposities dus) en zijn eigen bewijzen nodig.

LES 03

Les 3: Onderzoek doen in de wiskundige informatica

Leerdoelen	• De leerling kan verwachtingen opstellen over een logisch vraagstuk • De leerling leert hoe je een onderzoek doet in de wiskundige informatica • De leerling begrijpt wat de gevolgen van errors kunnen zijn • De leerling kan conclusies trekken uit resultaten van onderzoek naar logische vraagstukken
Verloop van de les	Deze les bevat een entreeticket-opdracht, een voorkennisopdracht, een tweede filmpje van de wetenschapper en drie reguliere opdrachten. 1. Entreeticket 2. Voorkennisopdracht 3. Filmpje '*Onderzoek doen in de wiskundige informatica*' + kijkvragen 4. Opdracht 1: Verwonderen, Verkennen en Onderzoek opzetten 5. Opdracht 2: Onderzoek uitvoeren 6. Opdracht 3: Concluderen en presenteren
Voorbereiding docent	• Print de bijlagen uit (aantal keer printen: aantal leerlingen/2) • N.B. Voor leerlingen die de plusopdracht willen maken moet het werkblad bij Opdracht 3 opnieuw uitgeprint worden! Deze bijlage kan dus wat vaker geprint worden. • Leg per tweetal een rode, gele, groene en blauwe stift klaar, of laat de leerlingen per tweetal een rode, gele, groene en blauwe stift klaar leggen.

Introductie

Wat?
In deze les gaan de leerlingen aan de slag met opdrachten die te maken hebben met errors in software. De opdrachten draaien allemaal om een of meerdere fasen in de onderzoekscyclus. Onderzoek doen in de wiskundige informatica gaat er misschien wat anders aan toe dan leerlingen zich voorstellen. De meeste bèta studies doen onderzoek door data te verzamelen, maar Jorge's onderzoek werkt eigenlijk op een heel andere manier. In deze les wordt toegelicht hoe een onderzoek in wiskundige informatica eruitziet.

Uitleg

Belicht de stappen van de onderzoekscyclus. Als de onderzoekscyclus nieuw is voor de leerlingen, doorloop dan elke fase en leg uit welke stappen erbij genomen worden.

Fase 1: verwondering
Tijdens deze fase denk je na over welk onderzoek je wil gaan doen; welke vragen wil je beantwoorden? Dit kunnen ook vervolgvragen zijn van een vorig onderzoek!

Fase 2: verkenning
Voordat je onderzoek gaat doen, moet je je eerst verdiepen in het onderwerp. Dit doe je door informatie te verzamelen en je in te lezen.

Fase 3: onderzoeksvraag en hypothese
Na het inlezen weet je wat er nog niet bekend is over het onderwerp. Daarover gaat je onderzoeksvraag.

Fase 4: onderzoeksplan
Als je een goede onderzoeksvraag hebt, bedenk je eerst hoe je antwoord op de onderzoeksvraag kan krijgen en hoe het onderzoek uitgevoerd moet worden.

Fase 5: uitvoering
De volgende stap is het uitvoeren van het onderzoek. Hierbij verzamel je resultaten die antwoord kunnen geven op je onderzoeksvraag.

Fase 6: conclusies en discussies
Op basis van de resultaten kun je een conclusie trekken en dus ook antwoord geven op je onderzoeksvraag. Ook kun je nu de hypothese bevestigen of verwerpen.

Fase 7: presentatie
Om anderen over je onderzoek te informeren, schrijf je er een verslag over of geef je een presentatie.

Licht toe dat niet binnen elk vakgebied op dezelfde manier deze cyclus wordt doorlopen. Bij onderzoek doen denk je al snel aan experimenten en data verwerken, maar in de wiskundige informatica kan onderzoek ook op een heel andere manier gedaan worden.



Entreeticket

Wat?
Afgelopen les zijn de leerlingen bezig geweest met een escaperoom. Ze hebben een filmpje gezien van Jorge Perez, een wetenschapper in de wiskundige informatica en jullie zijn aan de slag gegaan met logica en axioma's. Voordat deze tweede les van start gaat, moeten ze een entreeticket invullen:

1 Waarom is het volgens jou belangrijk dat programma's goed werken?
Voorbeelden van goede antwoorden: Dan komen er geen errors voor. Door errors te voorkomen in software kunnen erge ongelukken of ongemakken voorkomen worden.

2 Je kunt een wiskundige theorie gebruiken om te kijken of een systeem of computerprogramma goed werkt. Waar bestaat zo'n wiskundige theorie eigenlijk uit?
Een wiskundige theorie bestaat uit axioma's en stellingen die samen de 'handleiding' van een programma vormen.

Voorkennisopdracht

Wat?
In deze opdracht wordt de voorkennis van de leerlingen geactiveerd over errors. Ze zullen leren kritisch te kijken naar de error: Wat is het voor error? Kan ik zelf iets doen om het op te lossen?

Werkwijze

De leerlingen ontvangen op hun werkblad een aantal voorbeelden van errors en moeten hierbij redeneren om wat voor error het gaat: Komt de error door de gebruiker of door de app? En weten ze zelf een oplossing voor de betreffende error?



Vallend kwartje
Errors kunnen vaak voorkomen en het is dus handig als je begrijpt waar het om gaat en dat je vaak zelf wat aan een error kunt doen.

Uitleg

a WhatsApp-titel-error

i. De '51/50-tekst' in het rood geeft aan wat er aan de hand is, namelijk dat er eigenlijk maar 50 letters in de titel mogen staan, maar dat deze gebruiker probeert een titel met 51 tekens te gebruiken. Dit kan dus niet.
ii. Deze error komt door de gebruiker.
iii. Je zou een kortere titel kunnen verzinnen.

b Spotify-error

i. De error legt uit dat Spotify om error code 6 niet kan opstarten.
ii. Deze error komt door de app.
iii. Je kunt de errorcode 6 van Spotify opzoeken op het internet. Vaak zijn er oplossingen of is er een uitleg te vinden over waarom je deze error krijgt, en soms hoe je hem oplost.

c Fancy socks error

i. Deze error is misschien wat minder duidelijk: er staat nergens 'error' of iets in rode letters, waar we meestal onze errors aan herkennen. Het gaat hier om een error die te maken heeft met het opzoeken van 'fancy socks'. De resultaten kunnen niet worden geladen.
ii. Deze error kan zowel door de gebruiker als door de app komen. Meestal komt deze error echter door de gebruiker, omdat bijvoorbeeld de wifi niet werkt. (De volgende opmerking is optioneel: bovenin het scherm is te zien dat het wifi-netwerk een prima signaal heeft, zodat het in dit voorbeeld ook zo kunnen zijn dat deze error door de app zelf komt.)
iii. Je zou kunnen proberen om je wifi aan en uit te zetten, of je kunt bijvoorbeeld proberen te verbinden met een ander wifi-netwerk.

d Whatsapp-installeer-error

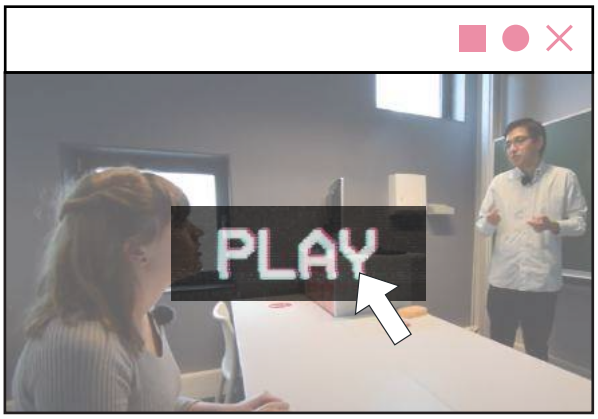
i. De app kan niet geïnstalleerd worden.
ii. Dit kan door zowel de gebruiker als de app komen: het is hoe je het bekijkt. Misschien heeft de gebruiker een te oude telefoon om de app te installeren. Dan komt de error eigenlijk door zowel de gebruiker (omdat de telefoon te oud is) als door de makers van de app (omdat hun software de oude telefoon niet meer ondersteunt). Er kan ook iets anders aan de hand zijn: Verkeerde instellingen van tijd, locatie, datum et cetera.



Filmpje 3 - 'Onderzoek doen in de wiskundige informatica'

Wat?
Jorge legt in dit filmpje uit hoe je een hypothese kunt formuleren over een wiskundig-informatica onderzoek ('We hebben de hypothese dat theorie X het gedrag van zowel lift A als lift B kan verklaren'). Hij legt uit dat zo'n hypothese kan worden onderzocht door voor beide liften (A&B) na te gaan of alle 'bouwstenen' (Axioma's) als waar kunnen worden beschouwd.

Hierna vertelt Jorge over het concept 'concurrency', ofwel 'gelijktijdigheid'. Hij legt dit uit aan de hand van een voorbeeld over twee parallelle treinen die met elkaar communiceren over hoe ze bewegen.
Jorge vertelt dat er errors kunnen ontstaan, omdat mensen eigenlijk sequentieel, stap voor stap dus, denken, terwijl computer programma's allerlei processen parallel laat draaien. Deze twee verschillende manieren van communicatie kunnen soms leiden tot problemen in de software.



Werkwijze
De leerlingen krijgen een werkblad met kijkvragen erop en bekijken klassikaal de video. Tijdens en na de video hebben de leerlingen tijd om de vragen te beantwoorden.

Kijkvragen
1 Hoe zou een hypothese van Jorge eruit kunnen zien?

2 Wat is 'concurrency', of in het Nederlands: 'gelijktijdigheid'?

3 Leg uit waardoor er soms errors kunnen ontstaan in software die door mensen geschreven wordt.

4 Bereikt Jorge altijd het resultaat dat hij had verwacht in het begin van zijn onderzoek? Licht je antwoord toe.

Vallende kwartjes
- *Een hypothese voor een wiskundig-informatica onderzoek ziet er anders uit dan een hypothese van bijvoorbeeld een biologisch of scheikundig onderzoek.*
- *Gelijktijdigheid betekent dat er in parallel twee processen gebeuren die met elkaar communiceren over hun stand van zaken.*
- *Doordat mensen stap voor stap denken en computerprogramma's parallel kunnen er soms errors ontstaan.*

Uitleg

1 Theorie X kan zowel het gedrag van lift A als lift B verklaren.

2 Gelijktijdigheid is het parallel lopen van processen die met elkaar communiceren over hun stand van zaken.

3 Mensen werken op een andere manier dan computers: mensen werken en communiceren stap voor stap, terwijl een computer een heleboel parallelle processen heeft lopen die met elkaar communiceren.

4 Nee, zijn onderzoek is iteratief: je loopt niet in een directe lijn door het onderzoek. Soms moet je een stapje terug gaan in de onderzoekscyclus.

1 / Verwonderen, verkennen en onderzoek opzetten

Wat?
De leerlingen lezen een bron over een crash van Max Verstappen door een softwarefout. Ze beantwoorden een aantal vragen die aanzetten tot verwondering, verkenning en het opzetten van een onderzoek over de oorzaak van deze crash.

Werkwijze

De leerlingen krijgen vier vragen op een werkblad met daarboven de bron.
Vragen:

a De bron zegt dat de crash niet door Max Verstappen kwam. Wat veroorzaakte wel de crash, denk je?

b Wanneer is software correct?

c Kun je nog een voorbeeld noemen van een mogelijke softwarefout in een auto? Het mag hier ook over een ‘gewone’ auto gaan, dus niet een race-auto.

d In het filmpje van Jorge had hij het over een hypothese voor het testen van software-correctheid van de lift. Kun je ook zo’n hypothese bedenken voor een onderzoek over raceauto’s?

Vallend kwartje

Door software-errors kunnen ernstige ongelukken gebeuren.

Uitleg

a De crash is veroorzaakt door een fout in de software. Het vermogen kwam hierdoor ineens vrij, terwijl dat niet had gemoeten en de toeren schoten omhoog.

b Software is correct als het geen errors veroorzaakt.

c Voorbeelden:
i. Dashboard lampjes gaan niet uit nadat een probleem al is verholpen (bijvoorbeeld: het olie-peil-lampje blijft branden nadat het oliepeil al is aangepakt).
ii. Het verkeerde licht gaat knipperen als je het knipperlicht aanzet.
iii. De auto wil niet meer van het slot als je in de auto zit.

d In het filmpje legde Jorge uit dat een hypothese er zo uit zou kunnen zien: "We hypothesize that theory X can explain the correct behaviour of elevators A and B". In het Nederlands: 'We stellen de hypothese op dat theorie X de correcte werking van lift A en B verklaart.' Een voorbeeld van een hypothese voor race-auto's zou kunnen zijn: 'We stellen de hypothese op dat theorie X de correcte werking van race-auto A en B verklaart'. Of: 'We stellen de hypothese op dat theorie X **niet** de correcte werking van raceauto A en B verklaart'. Of: 'We stellen de hypothese op dat theorie X de correcte werking van race-auto A verklaart'. Of: 'We stellen de hypothese op dat theorie X **niet** de correcte werking van raceauto A verklaart.'

2 / Onderzoek opzetten en uitvoeren: deel 1

Wat?
De leerlingen gaan met deze opdracht en opdracht 3 ondervinden dat hoewel de beginsituatie en eindsituatie misschien voor verschillende 'programmeurs' hetzelfde is, dat niet betekent dat dezelfde stappen tussendoor genomen zijn. Ook in programma's en software leiden meerdere wegen naar Rome. Hierdoor is het lastig voor een onderzoeker als Jorge om een theorie toe te passen die voor al die wegen toepasbaar is.

Werkwijze

De leerlingen gaan eerst aan de slag met het uitschrijven van de stappen die ze nemen om een broodje hagelslag te smeren. Die stappen vergelijken ze met hun medeleerlingen. Ze zullen inzien dat niet iedereen dezelfde volgorde of zelfs dezelfde stappen neemt, maar dat het eindresultaat hetzelfde is.

Opdrachten

a Verzin drie alledaagse taken die jij misschien anders uit zou voeren dan iemand anders.

b Stel je voor: jouw taak is het smeren van een broodje hagelslag. Schrijf zo gedetailleerd mogelijk alle stappen op die je moet nemen om te eindigen met een gesmeerd broodje hagelslag.

c Zou je dit proces ook op een andere manier kunnen uitvoeren? Verwacht je dat je medeleerlingen

dezelfde stappen hebben ondernomen?

d Vergelijk jouw stappen met de leerling naast je. Klopten je verwachtingen?

Vallend kwartje
Verschillende programmeurs bereiken met verschillende stappen dezelfde uitkomst.

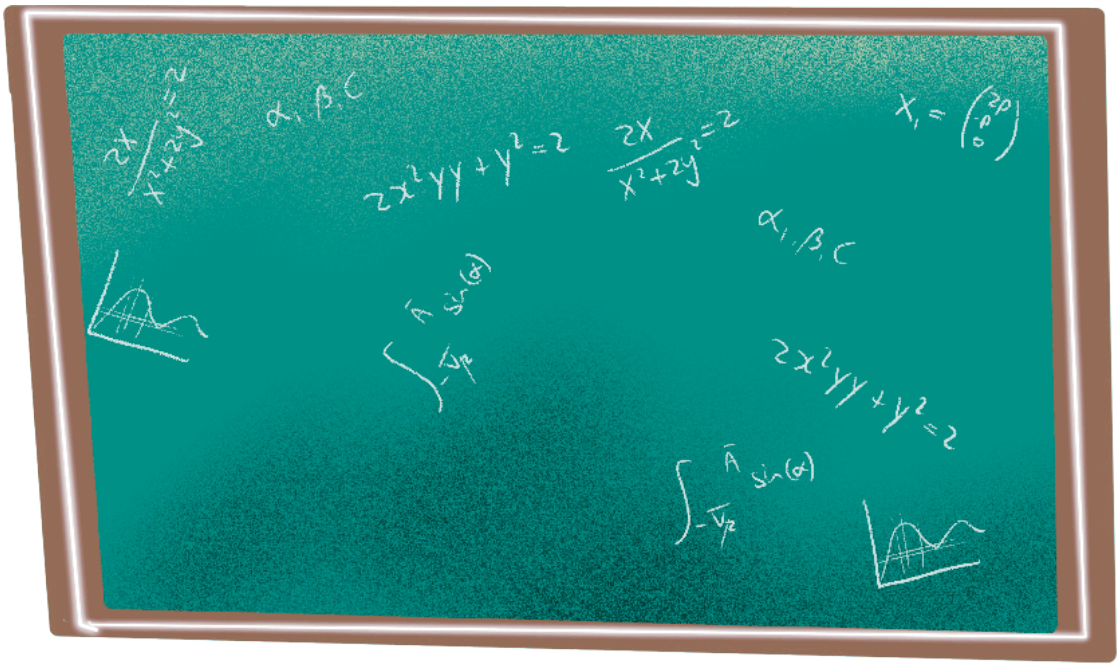
Uitleg

De leerlingen hebben zich onbewust bezig gehouden met het beantwoorden van een hoofdvraag en het uitdenken van hun verwachtingen.

Leg uit dat je bij dit vraagstuk een hoofdvraag zoals ‘In hoeverre lossen verschillende mensen dezelfde problemen verschillend op?’, of specifieker voor het broodje hagelslag: ‘In hoeverre doorlopen verschillende mensen hetzelfde proces als ze een broodje hagelslag smeren?’.

De verwachtingen die de leerlingen hebben bij deze vraag hebben ze ook uitgewerkt. Vervolgens hebben ze deze verwachtingen vergeleken met de ‘resultaten’ van dit onderzoekje.

In ‘echt’ onderzoek stel je je verwachtingen (of hypotheses) op aan het begin van het onderzoek. In dit geval zijn de leerlingen al aan de slag gegaan met het onderzoek, voordat ze hun verwachtingen opgesteld hebben. Dit kan eventueel nog belicht worden in de uitleg bij deze opdracht.



3 / Onderzoek opzetten en uitvoeren: deel 2

Wat?
Deze opdracht is een vervolg op opdracht 2. De leerlingen gaan nu met een ingewikkelder vraagstuk aan de slag.

Werkwijze

De leerlingen gaan aan de slag met een bekende logica-puzzel, de Toren van Hanoi. Hierbij moeten ze vier schijven van de ene paal naar de andere paal verplaatsen, waarbij ze de volgende regel moeten volgen:

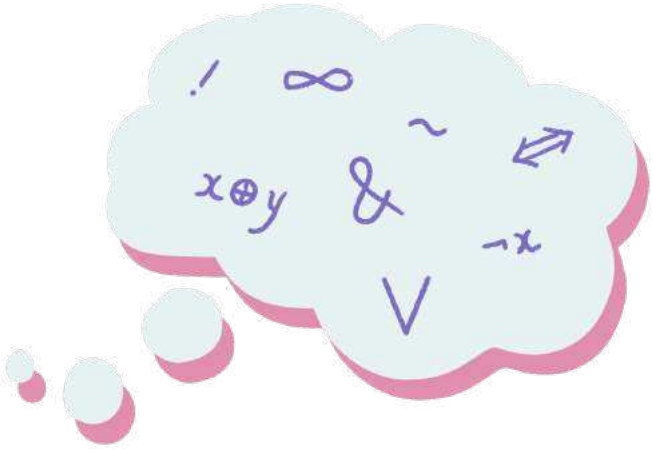
1. Je mag maar één schijf per keer verplaatsen

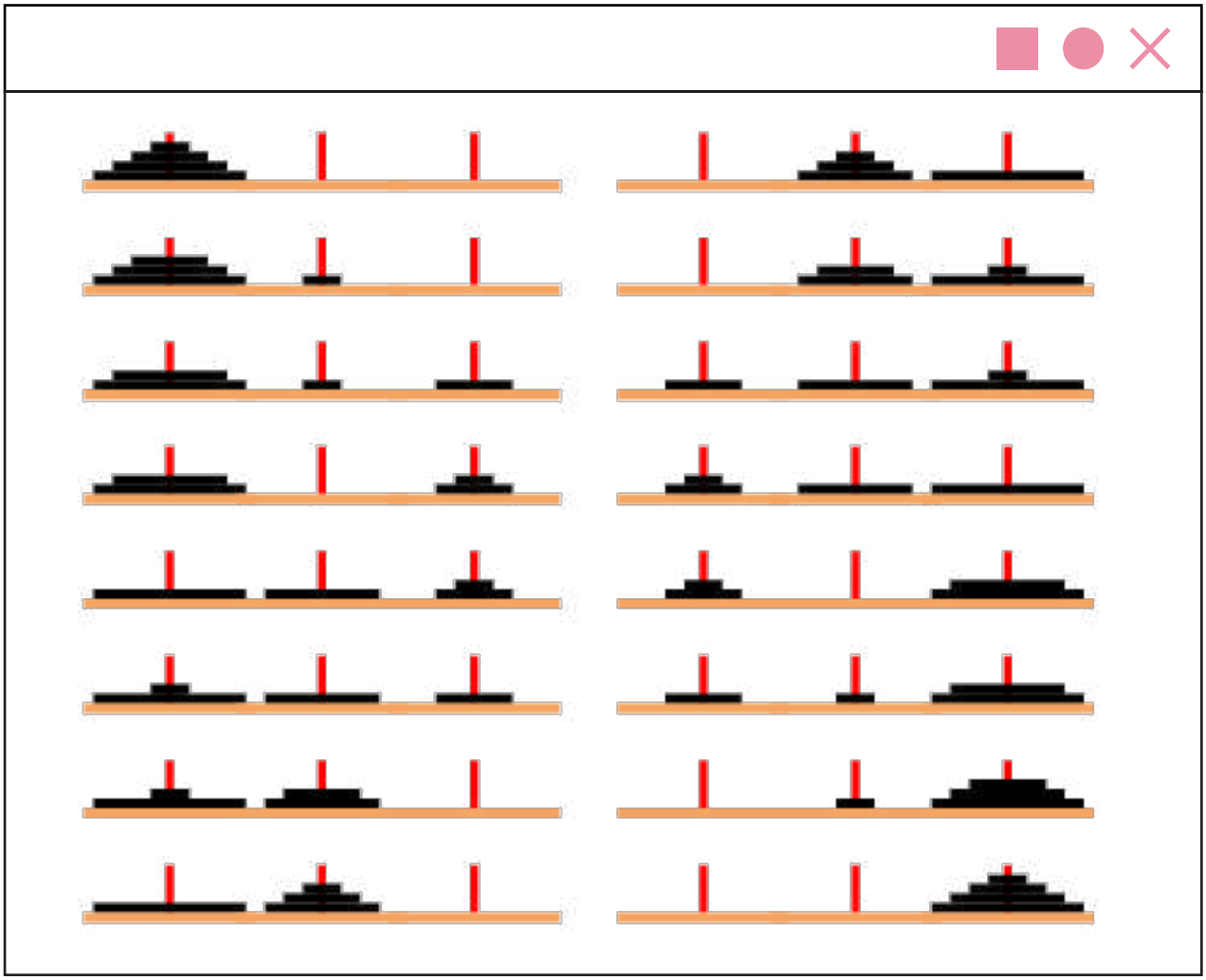
Voor de echte puzzel-liefhebbers is er een 'moeilijke' versie te vinden op de laatste pagina van hun werkbladen (onder 'plusopdracht'), waarbij ze met meer regels de puzzel moeten oplossen. Deze regels zijn:

1. Je mag maar één schijf per keer verplaatsen
2. Je mag alleen de bovenste schijven verplaatsen
3. De schijf die je verplaatst mag niet geplaatst worden op een schijf die kleiner is (Je mag dus bijvoorbeeld niet schijf 2 bovenop schijf 1 plaatsen).

Werkwijze

De puzzel is op verschillende manieren op te lossen (zeker voor de makkelijke versie, hier zijn heel veel verschillende volgordes mogelijk!). Een voorbeeld van een goede oplossing van de moeilijke versie is op de volgende pagina te vinden.





4 / Concluderen en presenteren

Wat?
Na het uitvoeren van de puzzel van de Toren van Hanoi gaan de leerlingen aan de slag met het beantwoorden van de hoofdvraag die is opgesteld in de vorige opdracht: 'In hoeverre lossen verschillende mensen hetzelfde probleem op dezelfde manier op?'.

Werkwijze

De leerlingen vergelijken hun resultaten van de puzzel met elkaar in groepjes.
Leg de werkbladen één voor één naast elkaar. Schrijf op hoeveel stappen hetzelfde genomen zijn en hoeveel stappen verschillen, in onderstaand schema. De antwoorden in deze tabel vormen jouw gegevens van het onderzoek.

Vergelijken	Tweetal 1	Tweetal 2
Tweetal 1		Aantal dezelfde stappen: Aantal verschillende stappen:
Tweetal 2	Aantal dezelfde stappen: Aantal verschillende stappen:	

In vraag b staan er een aantal hulpvragen op het werkblad waarmee de leerlingen de hoofdvraag kunnen beantwoorden:

i. Wat valt er af te leiden uit alle gegevens?
ii. Heb je genoeg gegevens om een goede conclusie te trekken?
iii. Is de onderzoeksvraag beantwoord met de gegevens die je hebt verzameld?
iv. Hoe zeker ben je van de uitkomst?
v. Volgen er nieuwe vragen uit de resultaten van je onderzoek die je verder zou kunnen onderzoeken?

Tijdens een klassikale bespreking verdeel je de hulpvragen over de verschillende groepjes. Elk groepje 'presenteert' kort zijn antwoord op die vraag.



Als er te veel groepjes in de klas zijn om alle vragen te beantwoorden kun je ook nog één groepje vragen om een algehele conclusie te trekken uit alle antwoorden.



Vallend kwartje
De leerlingen moeten een kritische conclusie trekken uit de gegevens.

Uitleg

Uit de conclusie moet naar voren komen wat de resultaten aantonen, maar ook dat er eigenlijk te weinig mensen aan het onderzoek hebben meegedaan: om een betrouwbare conclusie te kunnen trekken moeten veel meer mensen deelnemen aan het onderzoek.

Vraag c kan ook klassikaal besproken worden. Hierbij kan de klas gevraagd worden wat hun ideeën waren bij de verschillen tussen de onderzoeken, of de docent kan zelf de volledige uitleg geven.
In principe verschilt Jorges onderzoek natuurlijk op een heleboel manieren van het 'onderzoekje' dat in de klas is uitgevoerd. Er zijn echter ook overeenkomsten:

1. Jorge onderzoekt ook verschillen tussen programma's. In principe vormen de stappen die

de leerlingen gezet hebben samen een soort protocol die ook gezien kan worden als een mini-programma die leidt tot de oplossing van de Toren van Hanoi puzzel.
2. Jorge voert ook veel van zijn werk uit op papier.

Er zijn natuurlijk vooral veel verschillen:

1. Het onderzoek van Jorge is op veel grotere schaal.
2. Jorge houdt zich niet bezig met puzzels, maar met programma's.
3. Jorge kijkt ernaar of een theorie de verschillende programma's goed kan verklaren: dit is dus nog een stapje ingewikkelder dan alleen het kijken naar de verschillen tussen programma's.
4. Jorge kijkt niet naar resultaten van mensen, maar van programma's.

LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1
LESSENSERIE 1

Leerlingmateriaal


</CODE> [...] </>
</></></></

LES

01

De wetenschapper Jorge

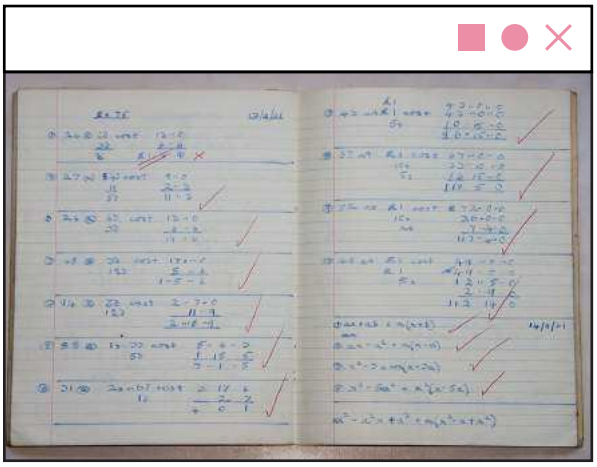
1 / De wetenschapper Jorge

Hieronder zie je een aantal foto's van hobby's staan. Welke hobby's beoefent Jorge, denk je? Zet een kruisje bij de plaatjes waarvan jij denkt dat ze van toepassing zijn op Jorge.

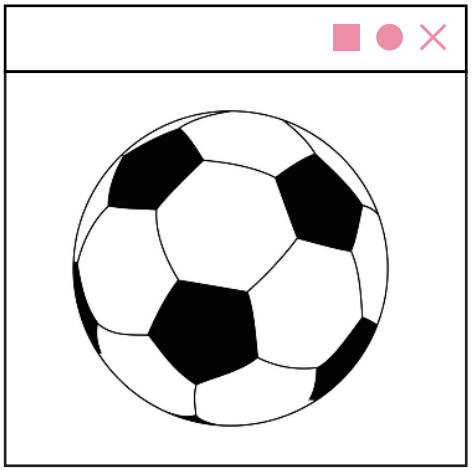


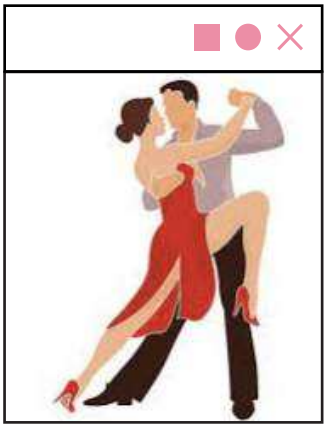












2 / Kijkvragen

Jullie gaan nu kennismaken met Jorge in het filmpje '*Over inspirerend onderzoek: Jorge Perez*'.



1 Hoe goed was Jorge in wiskunde op de middelbare school?

2 Wat vindt Jorge leuk om te doen?

3 Leg uit dat een computer scientist niet alleen maar tijd achter zijn of haar computer doorbrengt.

4 Floor beweert: 'Een computer scientist is meestal een slimme man die alleen achter zijn computer werkt en in zijn vrije tijd alleen maar gamet'. Beargumenteer waarom dit vooroordeel niet klopt.

5 Waardoor werd Jorge geïnteresseerd in computers?

6 De vraag van Jorge: “Wat zijn jouw verkeerde opvattingen van computerwetenschappers?” Gebruik bij je antwoord ook je antwoorden van opdracht 1.

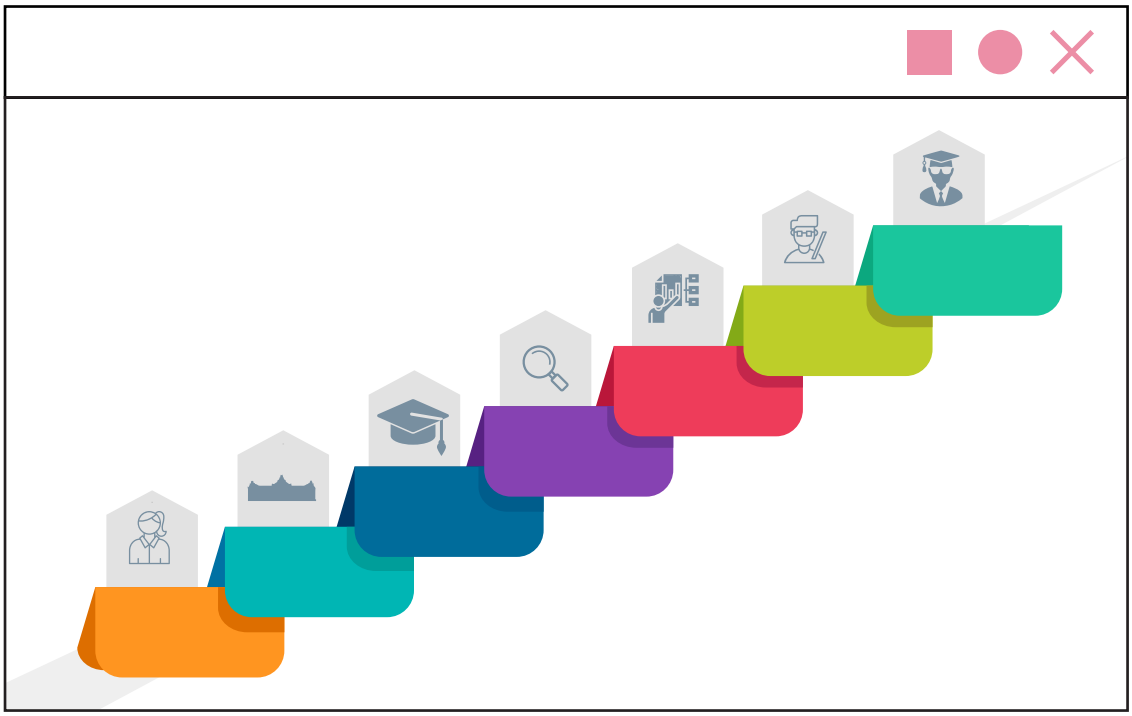
3 / Wetenschappelijke weg

a In onderstaande tabel staan termen weergegeven die te maken hebben met een wetenschappelijke carrière. Koppel onderstaande termen aan de juiste omschrijving.

Hoogleraar, bachelor, vwo-diploma, master, universitair docent, promoveren, postdoc.

Term	Omschrijving
	Deze opleiding duurt drie jaar. Als je deze opleiding afrondt behaal je de titel ‘Bachelor of Arts’ (BA), ‘Bachelor of Science’ (BSc) of ‘Bachelor of Laws’ (LLB).
	Deze opleiding duurt meestal een tot twee jaar. Hier verbreed of verdiep je je kennis die je in je bacheloropleiding hebt opgedaan. De meeste studenten gaan naar hun master op zoek naar een baan in het reguliere werkveld.
	Het doen van onderzoek. De promovendus voert zelfstandig een nieuw wetenschappelijk onderzoek uit.
	Een synomiem voor deze term is junior-onderzoeker. Deze term staat voor post-doctoraal onderzoeker. Dit onderzoek doe je na de afronding van je promotie-onderzoek.
	Afgekort tot ud of uhd. Een universitair docent doet onderzoek en geeft onderwijs op een universiteit.
	Hoogste wetenschappelijke functie aan de universiteit. Deze persoon bekleedt een leerstoel en is verantwoordelijk voor het onderzoek en onderwijs in het eigen wetenschapsgebied op de universiteit.
	Met dit diploma kun je gaan studeren aan een universiteit. Dit is ook mogelijk met een hbo-propedeuse.

b Vul de termen van opdracht 3a in op de ‘wetenschappelijke carrièretrap’.



4 / Onderzoek opzetten en uitvoeren: Deel 2

a Op de volgende pagina staat het curriculum vitae van Jorge. Wat is een curriculum vitae?

b Vul de namen van de universiteiten waar Jorge gewerkt en gestudeerd heeft in op het wetenschappelijke carrièrepad bij vraag 3b.

c Wat valt je op aan de wetenschappelijke carrière van Jorge?

Curriculum vitae

Jorge A. Pérez

December 2020

Bernoulli Instituut voor Wiskunde, Informatica en Kunstmatige Intelligentie

Academische posities

Huidige positie

- Universitair hoofddocent in Grondslagen van Software, Rijksuniversiteit Groningen, Nederland sinds juli 2019.

Vorige posities

- Assistant professor, Rijksuniversiteit Groningen, 2014 - 2019.
- Postdoconderzoeker, NOVA-universiteit van Portugal, Portugal, 2010 - 2014.
- PhD-student, Universiteit van Bologna, Italië, 2007 - 2009.

Onderwijs

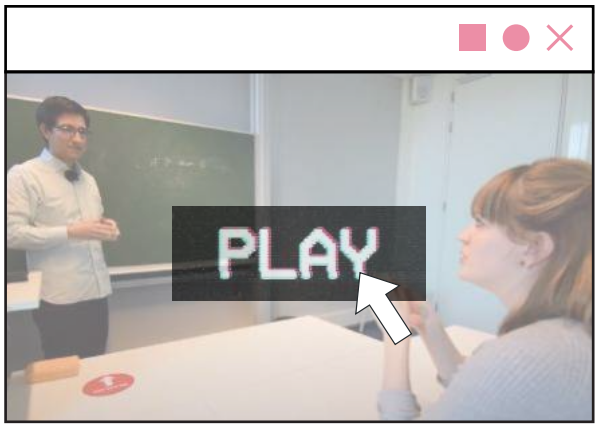
- PhD in computerwetenschappen, Universiteit van Bologna, Italië, 2010.
- Masteropleiding in computerwetenschappen, Universiteit van Cali, Colombia, 2006.

LES

02

De wiskundige wereld van de logica

Kijkvragen werkblad



Kijkvragen

a Waarom is het belangrijk dat programma's goed werken?

b Wat voor gevolgen kan het hebben als ze niet goed werken? Benoem voorbeelden die in het filmpje verteld werden en verzin zelf een voorbeeld.

c Vat in je eigen woorden samen wat Jorge bedoelt met een wiskundige theorie.

d Meriam benoemde dat Jorge eigenlijk helemaal geen 'data' nodig heeft zoals in andere experimenten. Met wat voor gegevens werkt Jorge dan wel?

Voorkennisopdracht - Op volgorde zetten

Beste leerlingen.

Er is een geheime mogelijkheid om uit deze ruimte te ontsnappen. Om dit zo ongezien mogelijk te doen, is het belangrijk dat jullie alle vier door de juiste deur naar buiten gaan. Zodra jullie merken dat de gijzelnemers allemaal even niet opletten, is het jullie moment om uit te zoeken hoe jullie uit deze ruimte kunnen ontsnappen!

Vul hier de namen van jullie groepje in:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

De volgorde van de juiste personen bij de juiste deur is te vinden door aan de volgende eisen te voldoen:
(Iedereen heeft voor zijn naam een nummer staan van 1 tot en met 4. Vul de naam die achter elk nummer staat in onderstaande zinnen bij het bijbehorende getal. Zijn jullie met minder dan vier personen? Verzin dan de overige namen erbij).

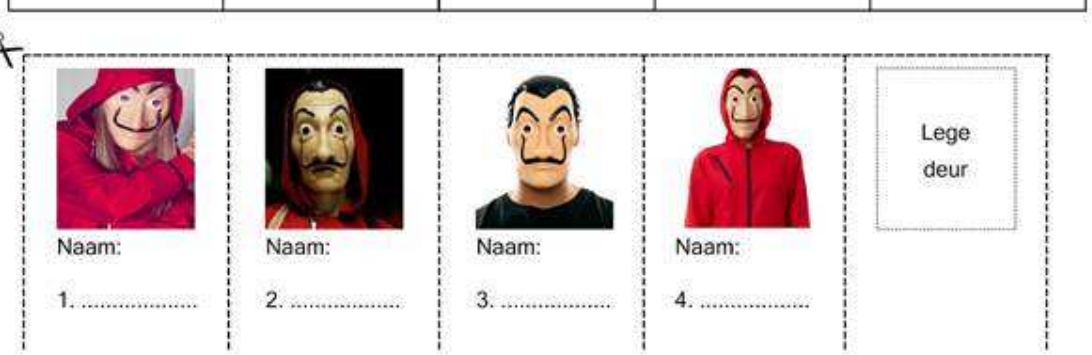
Er zit precies één deur tussen (2) ___ en (4) ___

Er zitten of twee, of drie deuren tussen (3) ___ en (1) ___

Zowel (1) ___ als (4) ___ staat niet naast een deur waar niemand staat.

Als jullie de juiste volgorde gevonden hebben, laat deze dan zien aan je docent. Hij/zij helpt jullie verder.





Naam:

1. .....

Naam:

2. .....

Naam:

3. .....

Naam:

4. .....

Lege deur

Het is jullie gelukt om de grote zaal uit te komen! Jullie hebben elkaar weer teruggevonden bij de toiletblokken. Hier zien jullie een luik in de grond met daarop een briefje geplakt.

Wat goed dat jullie dit luik gevonden hebben. Mijn naam is Rio. Ik sta er eigenlijk helemaal niet achter dat we zoveel mensen gegijzeld hebben en ik hoop jullie via deze weg een ontsnappingsroute te kunnen geven. Ik kon helaas niet zomaar een raampje voor jullie open laten, dat zou teveel opvallen. Ik heb een aantal stappen uitgezet die jullie moeten volgen om te kunnen ontsnappen. Ik heb, als programmeur van computerprogramma's, een enorme passie voor logica. De raadsels die jullie tot nu toe hebben opgelost waren ook logische raadsels. De volgende stappen hebben ook te maken met logica.

Onder dit briefje zie je een luik met een cijferslotje. De code voor dit slotje kun je vinden door de volgende opdracht op de lossen.

1 / Wat zijn axioma's?

De informatie van de wetenschapper komt nu van pas! Jorge, de wetenschapper uit het filmpje, heeft een nieuw begrip geïntroduceerd: een 'axioma'. Hij legde uit dat een axioma een bewering is die we als 'waar' beschouwen. Welke van de onderstaande zinnen zouden axioma's genoemd kunnen worden en waarom wel of niet? Noteer de getallen (op volgorde van laag naar hoog) van de zinnen die wel axioma's zijn. Als jullie de juiste code gevonden denken te hebben, ga dan naar jullie docent om deze te vertellen en uit te leggen waarom dit volgens jullie de juiste code is.



In de video van Jorge legde hij uit wat een wiskundige theorie eigenlijk is. Jorge gaf een voorbeeld van een lift: “Als iemand op de knop met het pijltje omhoog klikt, beweegt het mechanisme van de lift omhoog.” In de wiskundige taal staat hier eigenlijk: Als P, dan Q. Dit stukje tekst noemen we ook wel een propositie, die bestaat uit twee axioma’s (P en Q zijn axioma’s). Dit soort proposities en axioma’s worden door Jorge gebruikt om te kijken of een computerprogramma goed werkt.



a Hierboven zie je het paneel met knopjes in de lift waar jullie nu in staan. Hieronder staan een aantal ALS-DAN-stellingen die nog niet af zijn. Vul ze aan.

ALS je op de knop  klikt, DAN...

ALS je op de knop  klikt, DAN...

ALS je op de knop 

klikt, DAN..

ALS je op de knop  klikt, DAN...

ALS je op de knop  klikt, DAN gaat de lift naar de tiende verdieping.

b Eén van de axioma's die jullie bij opdracht 2a hebben uitgewerkt beschrijft de actie die er gebeurt wanneer je op de knop '10' drukt. Opeens begint de lift te bewegen! De lift gaat naar de tiende verdieping, zien jullie op het scherm. Betekent dit dat één van jullie op de knop '10' gedrukt heeft? Waarom wel of niet? Licht toe en laat de antwoorden op opdracht 2a en 2b aan de docent zien.

3 / Waarheidstabel

Jullie moeten gauw deze lift uit! Terwijl jullie weer uit het luik proberen te klimmen horen jullie een stem over de intercom van de lift:



a Welke propositie gebruikte Rio in zijn bericht?

b Jullie zijn met zijn vieren aan het overleggen en vinden toch dat jullie even goed na moeten denken of jullie ingaan op het voorstel van Rio. Hij is immers wel een crimineel, en jullie weten niet of jullie hem kunnen vertrouwen. Onderstaande vier situaties kunnen zich voordoen:

i. Wij hebben **niet** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **niet** komen helpen.
ii. Wij hebben **niet** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **wel** komen helpen.
iii. Wij hebben **wel** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **niet** komen helpen.
iv. Wij hebben **wel** op de knop voor de vijfde verdieping geklikt en Rio is ons **wel** komen helpen.

In welke gevallen *kan* Rio beschuldigd worden van een leugen? Leg bij elke stelling uit waarom wel/niet.

c Je kunt hier ook een zogenaamde 'waarheidstabel' van maken. In dit geval is 'Wij klikken op de knop voor de vijfde verdieping' de P en 'Rio komt ons helpen' te Q. Vul onderstaande tabel in voor elke P en Q combinatie: is de propositie waar of niet waar?

Heb je bij de opdracht b ingevuld dat de uitspraak de waarheid is? Schrijf dan een '1' op. Heb je bij opdracht b opgeschreven dat de uitspraak een leugen is? Vul dan een '0' in.

P	Q	Als P dan Q
Niet waar: 0	Niet waar: 0	___
Niet waar: 0	Wel waar: 1	___
Wel waar: 1	Niet waar: 0	___
Wel waar: 1	Wel waar: 1	___

/ Exit-ticket

Jullie hebben de gok gewaagd om Rio te vertrouwen. Hij staat inderdaad voor jullie klaar op de vijfde verdieping en zorgt dat jullie veilig via het raam naar buiten kunnen klimmen.

Daar staat een aantal politieagenten klaar om jullie op te vangen. Maar ze moeten wel zeker weten dat jullie leerlingen zijn, en niet onderdeel van de criminelen! Ze weten immers nog niet hoe de criminelen eruitzien, omdat ze allemaal maskers op hebben.

Om er zeker van te zijn dat jullie leerlingen zijn, moeten jullie een aantal vragen kunnen beantwoorden. Rio heeft aan de politie duidelijk gemaakt dat iedereen die deze vragen juist beantwoordt, het ontsnappingstraject heeft afgelegd en dus een leerling is die gegijzeld is.

a Welke propositie gebruikte Rio in zijn bericht?

b Wat bedoelde Jorge precies met een wiskundige theorie?

c Hoe wordt deze zin: ‘Als P, dan Q’, ook wel genoemd?

d Waarom is het belangrijk, volgens Jorge, dat programma’s goed werken?

e Wat voor gevolgen kan het hebben als programma’s niet goed werken? Benoem voorbeelden die in het filmpje verteld werden en verzin zelf een voorbeeld.

f In het filmpje van de wetenschapper, Jorge, benoemde Meriam dat Jorge eigenlijk helemaal geen ‘data’ nodig heeft zoals in andere experimenten. Wat voor gegevens werkt Jorge dan wel mee?

LES

03

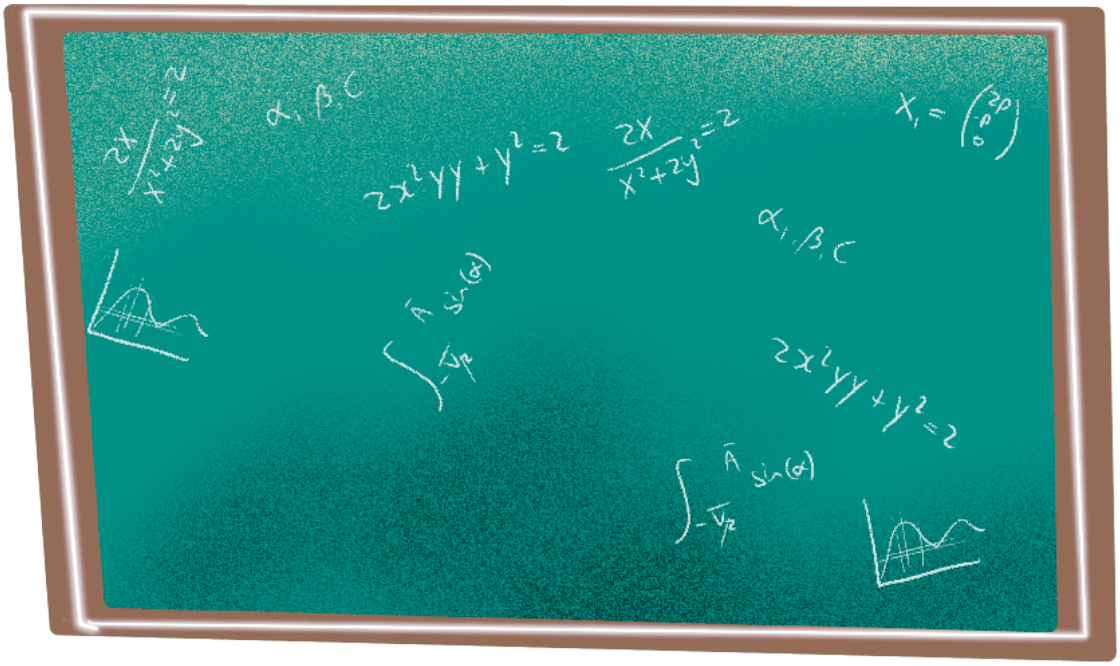
Onderzoek doen in de wiskundige informatica

Entreeticket

Afgelopen les zijn jullie bezig geweest met een escaperoom. Jullie hebben een filmpje gezien van Jorge Perez, een wetenschapper in de wiskundige informatica en jullie zijn aan de slag gegaan met logica en axioma's. Voordat deze tweede les van start gaat, moet je een entreeticket invullen.

1 Waarom is het volgens jou belangrijk dat programma's goed werken?

2 Je kunt een wiskundige theorie gebruiken om te kijken of een systeem of computerprogramma goed werkt. Waar bestaat zo'n wiskundige theorie eigenlijk uit?



Voorkennisopdracht

Bekijk onderstaande voorbeelden van errors. Wat gaat er precies mis? Beantwoord voor elke afbeelding de volgende vragen:

1 Wat voor error zien we hier?

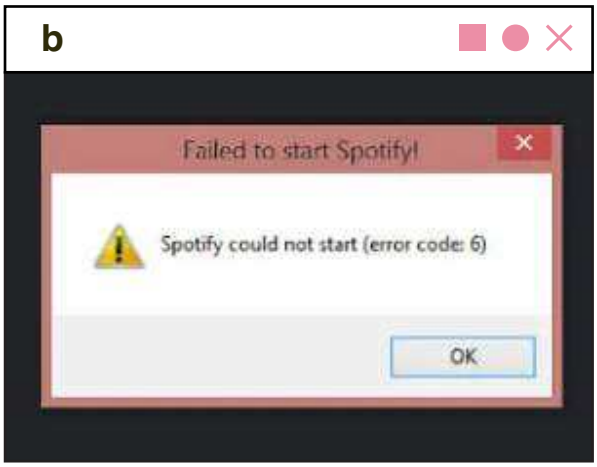
2 Komt deze error door de gebruiker of door een fout in de app?

3 Als jij deze error zou zien, wat zou je dan doen om het op te lossen?

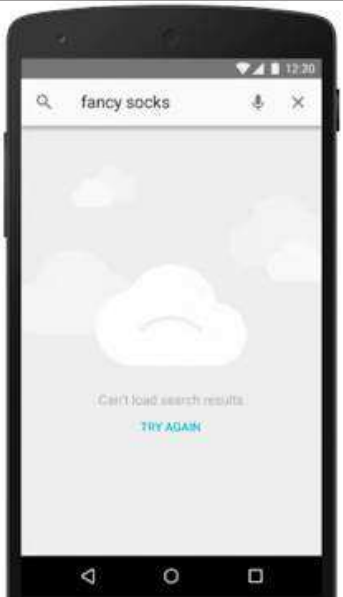
a



b



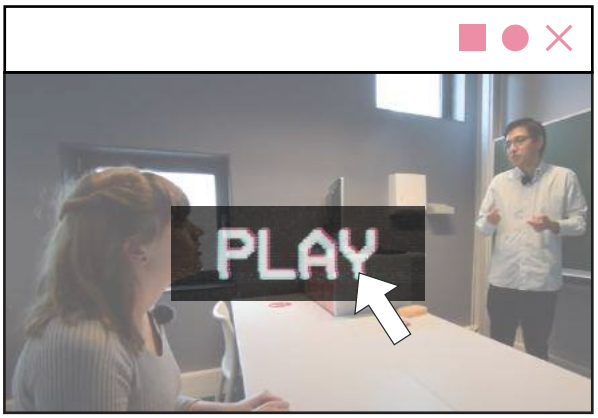
c



d



Filmpje 3 - 'Onderzoek doen in de wiskundige informatica'



Kijkvragen

1 Hoe zou een hypothese van Jorge eruit kunnen zien?

2 Wat is 'concurrency', of in het Nederlands: 'gelijktijdigheid'?

3 Leg uit waardoor er soms errors kunnen ontstaan in software die door mensen geschreven wordt.

4 Bereikt Jorge altijd het resultaat dat hij had verwacht in het begin van zijn onderzoek? Licht je antwoord toe.

1 / Verwonderen, verkennen en onderzoek opzetten

Lees onderstaande bron.

Verstappen na crash: “Had ineens 150pk extra”

Max Verstappen heeft tekst en uitleg gegeven over zijn crash in Q1 van de kwalificatie. De Nederlander spinde en belandde in de muur, waardoor hij nu veroordeeld is tot het starten vanaf de vijftiende plaats tijdens de Grand Prix van Bahrein. Volgens Verstappen kwam de crash niet door een eigen fout.

“Het was erg ongelukkig. We hebben zojuist de data bekeken en het blijkt dat ik opeens 150pk meer had”, zo valt te lezen op de officiële website van Verstappen. “Dat is vreemd, want die bocht is niet voluit. Je gaat daar voorzichtig op het gas en ineens kreeg ik 150pk extra, wat ik absoluut niet aan zag komen.” Volgens de Red Bull-coureur is dat dan ook de aanleiding geweest voor zijn crash. “Dit zorgde ervoor dat de achterbanden doorsloegen en hierdoor spinde ik de baan af.”

Bron: GPFans, Verstappen na crash: “Had ineens 150pk extra”, april 2018.

a De bron zegt dat de crash niet door Max Verstappen kwam. Wat veroorzaakte wel de crash, denk je?

b Wanneer is software correct?

c Kun je nog een voorbeeld noemen van een mogelijke softwarefout in een auto? Het mag hier ook over een 'gewone' auto gaan, dus niet een race-auto.

d In het filmpje van Jorge had hij het over een hypothese voor het testen van software-correctheid van de lift. Kun je ook zo'n hypothese bedenken voor een onderzoek over raceauto's?

2 / Onderzoek opzetten en uitvoeren: deel 1

Jorge heeft uitgelegd dat hij kijkt of verschillende programma's goed werken volgens een wiskundige theorie. Maar waarom hebben verschillende programma's die hetzelfde doel bereiken dan zo vaak een verschillende methode? Met deze opdracht en opdracht 3 gaan we proberen om dit duidelijk te krijgen.

a Verzin drie alledaagse taken die jij misschien anders uit zou voeren dan iemand anders.

b Stel je voor: jouw taak is het smeren van een broodje hagelslag. Schrijf zo gedetailleerd mogelijk alle stappen op die je moet nemen om te eindigen met een gesmeerd broodje hagelslag.



c Zou je dit proces ook op een andere manier kunnen uitvoeren? Verwacht je dat je medeleerlingen dezelfde stappen hebben ondernomen?

d Vergelijk jouw stappen met je buurman. Klopten je verwachtingen?

3 / Onderzoek opzetten en uitvoeren: deel 2

In de vorige opdracht hebben jullie gewerkt met een hoofdvraag en je verwachtingen daarbij. Deze hoofdvraag kwam eigenlijk best wel overeen met het onderzoeksonderwerp van Jorge: In hoeverre werken programma's hetzelfde?

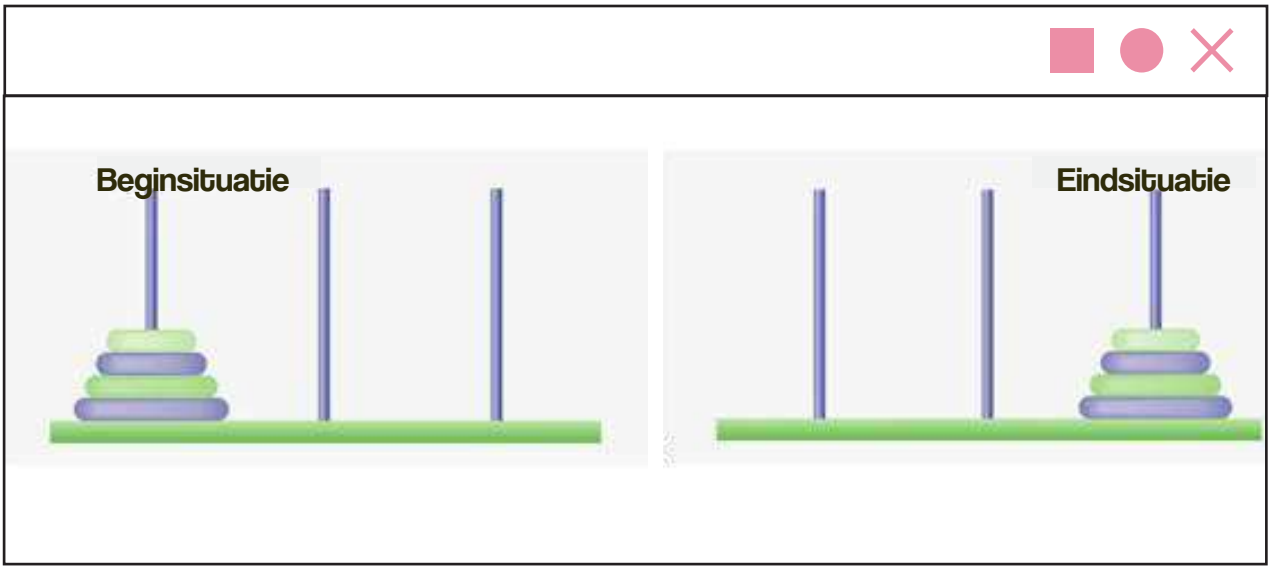
Deze opdracht gaan we opnieuw bezig met een hoofdvraag en jullie verwachtingen daarbij. Maar dit keer gaat het om een meer wiskundig vraagstuk!

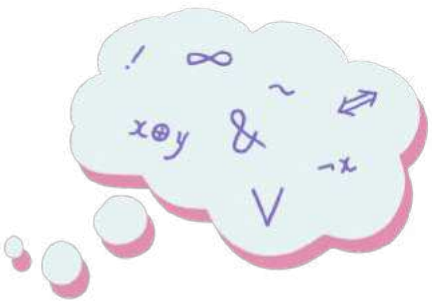
Voor deze opdracht mogen jullie in tweetallen werken.

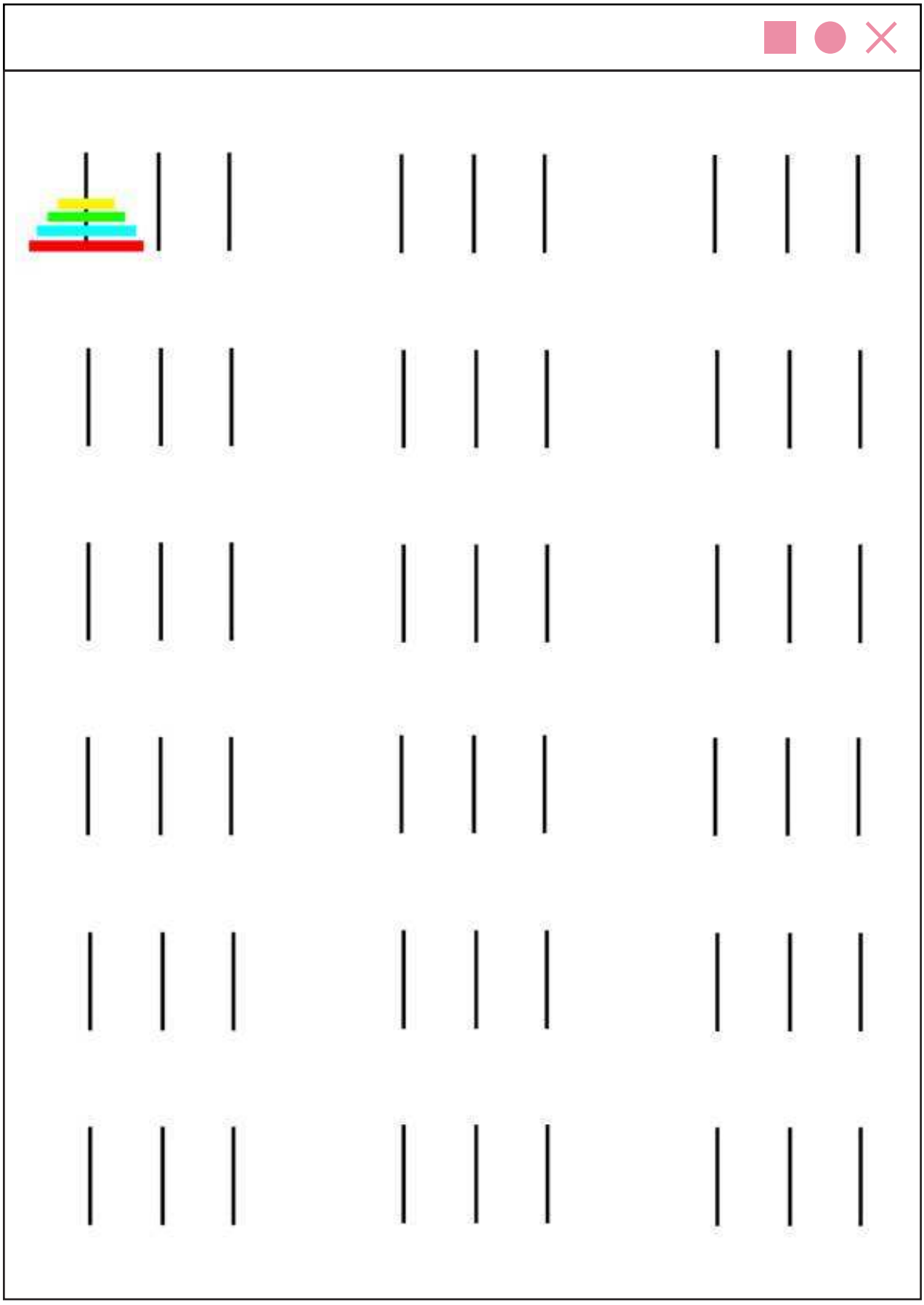
a Hieronder zie je een plaatje van de zogenaamde 'Toren van Hanoi' puzzel. Het doel is om alle schijven van de meest linker staaf naar de meest rechter staaf te verplaatsen.
Een onderzoeksvraag die je hierbij zou kunnen opstellen is: 'In hoeverre nemen leerlingen in deze klas dezelfde stappen in de puzzel van de Toren van Hanoi die tot de oplossing leiden?'
Wat voor resultaten verwacht je bij deze onderzoeksvraag?

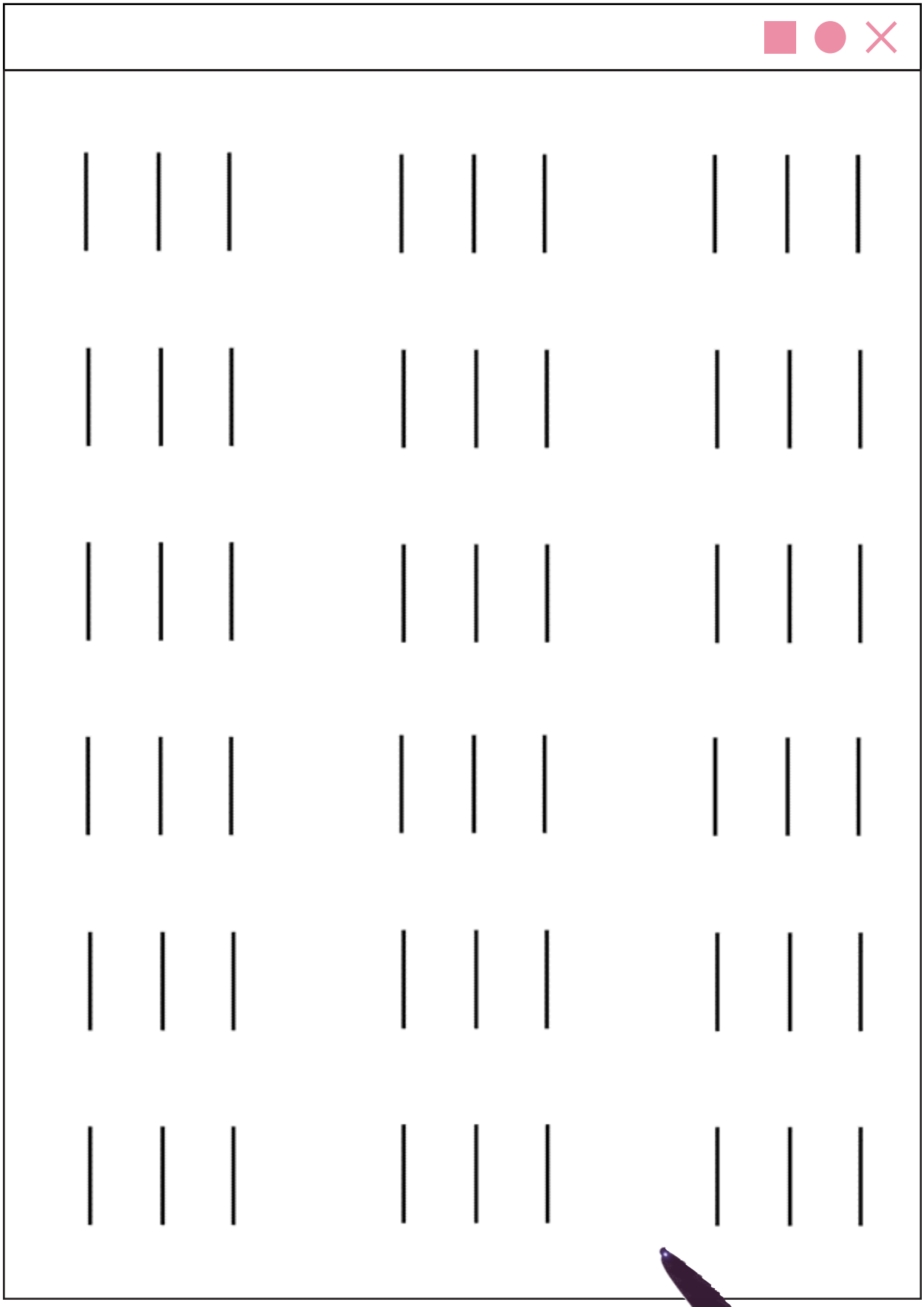
b Los de puzzel eerst in tweetallen op. Op het werkblad staan een heleboel lege palen. Je kunt per stap die je zet, de nieuwe situatie op de palen tekenen of schrijven (bijvoorbeeld met een '1' voor de kleinste schijf, '4' voor de grootste schijf, etc. of door met kleurtjes de schijven te tekenen).

De echte puzzel heeft een aantal regels waaraan je moet voldoen en die de puzzel erg ingewikkeld maken. Voor deze opdracht hoef je maar één regel te volgen: Je mag maar een schijf per keer verplaatsen.









4 / Concluderen en presenteren

Als je klaar bent met de puzzel van de Toren van Hanoi en alle schijven zitten op de juiste plek zoals op het plaatje ‘eindsituatie’, overleg dan in groepjes of jullie alle stappen hetzelfde hebben genomen.

a Leg de werkbladen één voor één naast elkaar. Schrijf op hoeveel stappen hetzelfde genomen zijn en hoeveel stappen verschillen, in onderstaand schema. De antwoorden in deze tabel vormen jouw gegevens van het onderzoek.

Vergelijken	Tweetal 1	Tweetal 2
Tweetal 1		Aantal dezelfde stappen: Aantal verschillende stappen:
Tweetal 2	Aantal dezelfde stappen: Aantal verschillende stappen:	

b In hoeverre klopte je verwachtingen? Beantwoord de hoofdvraag die in de vorige opdracht is omschreven, door onderstaande hulpvragen te beantwoorden:

- Wat valt er af te leiden uit alle gegevens?
- Heb je genoeg gegevens om een goede conclusie te trekken?
- Is de onderzoeksvraag beantwoord met de gegevens die je hebt verzameld?
- Hoe zeker ben je van de uitkomst?
- Volgen er nieuwe vragen uit de resultaten van je onderzoek die je verder zou kunnen onderzoeken?

Beantwoord deze vragen samen met je groepje.

c Wat zijn volgens jou verschillen en overeenkomsten tussen Jorges onderzoek en dat van jou? Wat doet Jorge eraan om betrouwbare resultaten te krijgen?

Plusopdracht

In de echte puzzel van Hanoi moet je voldoen aan meer regels die de puzzel extra moeilijk maken! Als je snel door de opdracht 3 gegaan bent en je wel zin hebt in een uitdaging, kun je de puzzel opnieuw proberen op te lossen, maar dan met alle regels. De regels voor deze puzzel zijn als volgt:

1. Je mag maar één schijf per keer verplaatsen
2. Je mag alleen de bovenste schijven verplaatsen
3. De schijf die je verplaatst mag niet geplaatst worden op een schijf die kleiner is (Je mag dus bijvoorbeeld niet schijf 2 bovenop schijf 1 plaatsen).

Verwacht je dezelfde resultaten als in opdracht 3?

LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3

Docentenhandleiding



Katalysator tot duurzame chemie

Paolo Pescarmona

Inleiding

Bij een chemische fabriek denken we vaak aan een gebouw dat donkere rookwolken uitstoot en afvalwater dumpt met resten van chemische stoffen erin: niet bepaald een klimaatvriendelijk beeld. Scheikunde kan een cruciale factor spelen bij het tegengaan van klimaatverandering, door processen die zich in de fabrieken afspelen te verduurzamen. Dat kan bijvoorbeeld door uit te zoeken of reacties makkelijker verlopen met behulp van een katalysator, of door reacties op een lagere temperatuur te laten plaatsvinden.

Deze kant van de scheikunde die zich richt op het verduurzamen van chemische processen, wordt ook wel 'groene chemie' genoemd. Hier richt het onderzoek van Paolo Pescarmona zich op. Dit lespakket sluit aan bij het onderzoek van Paolo en bij filmpjes over zijn onderzoek die speciaal voor dit lesmateriaal zijn gemaakt.

Het lespakket heeft als doel om leerlingen bekend te maken met groene chemie en om leerlingen te laten inzien dat scheikundige processen belangrijk zijn voor de productie van allerlei producten: van kleding tot auto's en gebouwen. Zo gaan de leerlingen tijdens de opdrachten nadenken over de definitie van duurzaamheid en leren ze de twaalf principes van groene chemie toepassen op verschillende chemische processen. Deze principes of uitgangspunten maken de vertaalslag van groene chemie naar de praktijk duidelijk. De principes gaan bijvoorbeeld over de hoeveelheid afval die tijdens een reactie vrijkomt, de energie die nodig is bij een reactie en over eventuele katalysatoren die de reactie kunnen versnellen.

Over de wetenschapper

Paolo Pescarmona

Paolo is professor in duurzame chemische producten en katalyse en verbonden aan de Rijksuniversiteit Groningen (RUG). Zijn onderzoek richt zich op het verduurzamen van chemische processen. Zo ontwerpt hij katalysatoren die chemische reacties 'groener' maken: stoffen die een reactie makkelijker doen verlopen maar zelf niet opgebruikt worden. Voor Paolo betekent duurzaamheid dat we zo leven, dat de volgende generatie met dezelfde levensstandaard door kan blijven leven. Scheikunde is hierbij het probleem, maar kan tegelijkertijd ook oplossingen bieden door chemische processen duurzamer te maken. Zo kunnen we in de toekomst onze telefoons, matrassen en andere producten wellicht op een circulaire manier produceren.



Meer lezen over het onderzoek van Paolo? Kijk eens naar dit artikel in Trouw over de recycling van matrassen:

https://www.trouw.nl/nieuws/een-echt-circulair-matras-is--nog-een-toekomstdroom~b33623a2/

Opbouw lessen

	Doelen van de les	Onderzoeksfases	Verloop van de les
Les 1	Leerlingen leren.. • na te denken over hun onderwijscarrière. • dat onderzoek doen/ontwerpen een rol kan spelen bij verbeteringen in de maatschappij.	• Fase 1: Verwondering	• Voetsporen (± 10 min) • Kijkvragen (± 10 min) • Opdracht 1: Keuzes (± 10 min) • Opdracht 2: De maatschappij (± 10 min)
Les 2	Leerlingen leren... • over de formele betekenis van duurzaamheid. • de rol van de chemische industrie in de duurzaamheidskwestie te begrijpen. • over de term “groene chemie” en de bijbehorende 12 principes. • de verhouding tussen economie, industrie, beleid, duurzaamheid en wetenschap te begrijpen.	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning	• Voorkennisopdracht (± 7 min) • Filmpje ‘Paolo en duurzaamheid’ + • Kijkvragen beantwoorden (± 10 min) • Opdracht 1: *Rampen* (± 8 min) • Opdracht 2: *De 12 principes van groene chemie* (± 10 min) • Opdracht 3: *Spelers verduurzaming* (± 8 min) • Opdracht 4 *Exit-ticket* (± 5 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les.
Les 3	Leerlingen leren om... • wat een katalysator is (een stof die niet verbruikt wordt in een reactie maar het wel efficienter laat verlopen). • de rol van katalysatoren in de verduurzaming van de chemische industrie (principe 9). • de verschillen tussen de onderzoekscyclus en de ontwerpcyclus. • welke criteria belangrijk zijn bij het ontwerpen van nieuwe katalysatoren.	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese • Fase 4: Onderzoeksplan • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusie en discussie • Fase 7: Presentatie	• Filmpje ‘Hoe werken katalysatoren?’ • Kijkvragen beantwoorden (± 11 min) • Opdracht 1: *Zoek de verschillen - de ontwerpcyclus en de onderzoekscyclus* (± 4 min) • Opdracht 2:Katalysatoren in actie ? (± 8 min) • Opdracht 3: *Ontwerpeisen en resultaten* (± 8 min) • Opdracht 4: *onderzoeken x ontwerpen* (± 10 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les.

LES 01

Les 1: Paolo de wetenschapper

Leerdoelen	Leerlingen leren… • na te denken over hun onderwijscarrière • dat onderzoek doen/ontwerpen een rol kan spelen bij verbeteringen in de maatschappij.
Verloop van de les	De les bestaat uit vier onderdelen • Voetsporen • Kijkvragen • Opdracht 1: Keuzes • Opdracht 2: De maatschappij
Onderzoeks-fases	Fase 1: Verwondering
Voorbereiding docent	• Werkbladen uitprinten • Introductiefilmpje *Over inspirerend onderzoek: Paolo Pescarmona* klaarzetten en testen

1 / Voetsporen

Wat?
Leerlingen gaan nadenken over het onderwijspad van hun ouders/verzorgers en in hoeverre ze in de voetsporen van hun ouders treden.

Hoe?
Leerlingen beantwoorden een aantal vragen over het onderwijs van hun ouders/verzorgers. Bespreek de antwoorden van opdracht c klassikaal.

Vallend kwartje
Leerlingen vergelijken hun onderwijscarrière met dat van hun eigen ouders/verzorgers.

2 / Kijkvragen

Wat?
Leerlingen gaan het filmpje '*Over inspirerend onderzoek: Paolo Pescarmona*' kijken en leren zo Paolo kennen.

Hoe?
Leerlingen kunnen de vragen op het werkblad invullen na het filmpje. Bespreek na het invullen de antwoorden klassikaal.



1 Noem drie eigenschappen van een wetenschapper, volgens Paolo.

2 Hoe zou je Paolo omschrijven?

3 Wat is Paolo zijn missie?

4 Waarom twijfelde Paolo aan het volgen van een wetenschappelijke studie?

5 Is het voor jou vanzelfsprekend dat je een wetenschappelijke studie gaat volgen?

6 Treed jij, net zoals Paolo, ook in de voetsporen van je ouders wat betreft studiekeuze? Leg je antwoord uit.

7 Paolo's vraag aan jou: Waar twijfel jij weleens aan?

Antwoordmodel

1 Een wetenschapper heeft volgens Paolo een kritische houding, is nieuwsgierig en durft te twijfelen.

2 *Eigen antwoord.*

3 Paolo zijn missie is bij te dragen aan een duurzamere wereld.

4 Paolo wist niet of het zijn weg was of die van zijn familie. Hij wilde zijn eigen weg volgen.

5 *Eigen antwoord.*

6 *Eigen antwoord.*

7 *Eigen antwoord.*



Vallende kwartjes

- *Leerlingen reflecteren op de eigenschappen van de wetenschapper en in hoeverre zij zelf over deze eigenschappen beschikken.*
- *Leerlingen zien in dat een wetenschapper niet alleen met onderzoek bezig is, maar bijvoorbeeld ook hobby's heeft.*
- *Leerlingen reflecteren op de vraag in hoeverre ze in de voetsporen treden van hun ouder(s)/verzorger(s) betreffende hun onderwijspad.*
- *Leerlingen zien in dat het niet vanzelfsprekend is dat ze in de voetsporen*

3 / Keuzes

Wat?
Leerlingen denken na over het maken van belangrijke keuzes in het leven.

Hoe?
Leerlingen vullen de vragen over keuzestress in op het werkblad. Gebruik hierbij de werkvorm denken-delen-uitwisselen.



Vallend kwartje
Leerlingen reflecteren op motieven voor het kiezen van een profiel of een studie.

4 / De maatschappij

Wat?
Leerlingen denken na over welke thema's zij belangrijk vinden in de maatschappij.

Hoe?
Leerlingen vullen vragen in over wat zij belangrijk vinden in de maatschappij en de rol van onderzoek daarin. Voorafgaand hieraan moet de ontwerpcyclus worden geïntroduceerd.

Ontwerpcyclus

Ontwerpen gebruik je voor de oplossing van een probleem. De oplossing is meestal een product of prototype. Bij het ontwerpproces doorloop je een aantal stappen: deze systematische aanpak noem je de ontwerpcyclus. Hieronder zijn de stappen van het ontwerpproces weergegeven:

- Stap 1: Probleem verkennen en formuleren
  Bij deze fase ga je het probleem goed analyseren en afbakenen door een aantal vragen te stellen. Voorbeelden van deze vragen zijn: Wie hebben dit probleem? Waar wordt het door veroorzaakt? Waarom is er nog geen oplossing voor het probleem? Zijn er problemen die erop lijken? Aan welke eisen moet de oplossing voldoen?

- Stap 2: Ideeën verzinnen en selecteren
  In deze fase ga je ideeën verzinnen voor de (deel) oplossingen van je probleem. Het is hier van belang om in verschillende richtingen te denken.

- **Stap 3: Concepten uitwerken en selecteren**
  In deze fase ga je een aantal ideeën die je bij fase 2 hebt bedacht verder uitwerken. Het is van belang om te checken of je concept voldoet aan de gestelde eisen.

- **Stap 4: Prototype maken**
  Een prototype is een uitwerking van je concept. Het prototype kan een versimpelde uitwerking van je daadwerkelijke oplossing zijn.

- **Stap 5: Testen en optimaliseren**
  In deze fase ga je je prototype testen. Doet het prototype dat wat het moet doen? Voldoet het prototype aan de eisen?

- **Stap 6: Presenteren**
  Bij deze fase presenteer je je prototype. Het is van belang dat er verteld wordt over het ontwerpproces en welke beslissingen er zijn genomen. Ook kunnen mogelijke knelpunten en problemen verteld worden.



Vallend kwartje

Leerlingen leren dat onderzoek doen/ontwerpen een rol kan spelen bij verbeteringen in de maatschappij.

LES 02

Les 2: Chemische industrie en groene chemie

Leerdoelen	Leerlingen leren… • over de formele betekenis van duurzaamheid • de rol van de chemische industrie in de duurzaamheidskwestie te begrijpen • over de term “groene chemie” en de bijbehorende twaalf principes • de verhouding tussen economie, industrie, beleid, duurzaamheid en wetenschap te begrijpen
Verloop van de les	• Voorkennisopdracht (± 7 min) • Filmpje ‘*Paolo en duurzaamheid*’ + • Kijkvragen beantwoorden (± 10 min) • Opdracht1: *Rampen* (± 8 min) • Opdracht2: *De 12 principes van groene chemie* (± 10 min) • Opdracht 3: *Spelers verduurzaming* (± 8 min) • *Exit-ticket* (± 5 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les
Onderzoeks-fases	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese
Voorbereiding docent	• Kaart met 12 principes van de groene chemie ophangen of uitdelen • Docentenhandleiding hulpkaarten doornemen • Werkbladen uitprinten • Filmpje *‘Paolo en duurzaamheid’* klaarzetten

Introductie

Wat?
In deze les gaan de leerlingen kennismaken met duurzaamheid, in het bijzonder de rol van de chemische industrie hierin. Aan het begin van de les worden de leerlingen geactiveerd om te reflecteren op hun omgeving en de rol daarin van de chemische industrie aan de hand van het filmpje '*Paolo en duurzaamheid*'. De leerlingen gaan aan de slag met opdrachten die vanuit een analytische invalshoek gericht zijn op een fundamenteel begrip van groene chemie.

Voorkennis

Wat?
De eerste voorkennisopdrachten zijn bedoeld om de leerling te activeren om na te denken over de wereld, in het bijzonder hun eigen wereld, vanuit een duurzaamheidsoogpunt.

Werkwijze (± 7 minuten)

De leerlingen bedenken aan de hand van zes categorieën zelfstandig welke producten van de chemische industrie zij dagelijks gebruiken. Deze producten schrijven ze op. In opdracht 2b worden enkele producten voorgelegd en schatten de leerlingen in welke grondstoffen nodig zijn geweest om deze producten te maken.

De leerlingen gaan inzien hoeveel en hoe vaak ze te maken hebben met producten van de chemische industrie: chemie is niet weg te denken uit het dagelijkse leven. Ook worden de leerlingen geactiveerd om na te denken over de herkomst van de producten en zien ze in dat dit dikwijls te herleiden is naar olie.

Antwoord

1 Eigen antwoord. De leerlingen geven eigen antwoorden op onderstaande vragen.

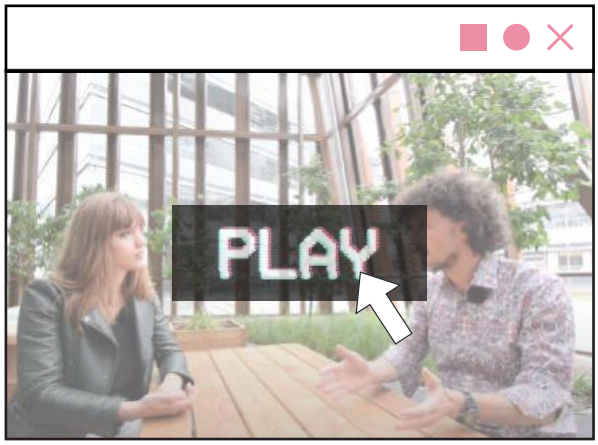
i. Wat heb je vandaag gegeten?
ii. Wat voor kleding draag je vandaag?
iii. Hoe ben je vandaag op school gekomen?
iv. Wat doe je in je vrije tijd?
v. Welke elektrische apparaten gebruik je op een dag?
vi. Wat voor hygiëneproducten gebruik je?

2 Van elke vraag bij 2 wordt een voorbeeld genoemd in de tabel. Afhankelijk van het genoemde product kunnen de antwoorden verschillen, maar over het algemeen zijn de antwoorden als volgt:

Producten	Grondstoffen en materialen
Auto	Olie (plastic en brandstof), staal, aluminium, computerchips, dierlijke producten (leer)
Gehakt	Dierlijke producten (vlees), olie (verpakking)
Sokken	Olie (plastic), planten (katoen)
Voetbalschoenen	Olie (plastic), dierlijke producten (leer), planten (veters)
Mobieltje	Olie (plastic), aluminium (frame), computerchips
Tandpasta	Olie (chemicaliën), planten (smaakstoffen)

Filmpje 2: Paolo en duurzaamheid

Wat?
De leerlingen bekijken het filmpje '*Paolo en duurzaamheid*'. In deze video gaat Paolo in op het begrip 'duurzaamheid' en vertelt hij wat chemische industrie met duurzaamheid te maken heeft. Hij legt uit wat de gevaren zijn van een niet-duurzame industrie en hoe we verduurzaming kunnen bevorderen aan de hand van de twaalf principes van groene chemie.



Werkvorm (± 10 minuten)

Zet het tweede filmpje klaar. Laat leerlingen de kijkvragen zelfstandig invullen en bespreek daarna klassikaal wat ze bij de vier vragen hebben ingevuld. Hiermee kun je checken of de leerlingen het filmpje goed hebben begrepen.

1 Wat is het grote dilemma waar we ons nu in bevinden met het oog op de chemische industrie?

2 Welk doel streeft Paolo na met scheikunde?

3 **a** Wat is de betekenis die Paolo geeft aan duurzaamheid?
b Wat betekent duurzaamheid voor jou?

4 Waarom zijn de twaalf principes van de groene chemie opgesteld?

5 **a** Welke principe past Paolo toe in zijn onderzoek?
b Hoe draagt een katalysator bij aan duurzamere processen?

6 Waarom passen bedrijven nog niet altijd katalysatoren toe?



Vallend kwartje

De leerlingen begrijpen wat duurzaamheid concreet betekent. Ze zien in dat de huidige industrie op de lange termijn niet kan werken, maar dat de opbrengst ervan niet weg te denken is uit onze maatschappij. De noodzaak voor een verschuiving naar een duurzame industrie is benadrukt en het is de leerlingen duidelijk dat dit het vraagstuk is waar Paolo en zijn collega's aan werken.

Antwoorden

1 Het dilemma waar we ons nu in bevinden is dat we afhankelijk zijn geworden van de chemische industrie, maar dat diezelfde industrie onze toekomst bedreigt.

2 Paolo beschrijft zijn doel als het ontwikkelen van processen om chemische producten op een duurzame manier te maken.

3 **a** Als we duurzaam leven kunnen toekomstige generaties dezelfde levensstandaard hebben. Het gebruik van beperkte middelen, zoals olie, houdt op wanneer de olie op is; toekomstige generaties kunnen dus geen olie meer gebruiken. Ook vervuiling kan niet eindeloos doorgaan: op een gegeven moment is de wereld onleefbaar voor toekomstige generatie.
b Eigen antwoord

4 De twaalf principes zijn opgesteld om richting te geven om processen duurzamer te maken. Ook valt zo snel te zien op welke gebieden meer onderzoek nodig is om duurzame alternatieven te ontwikkelen

5 **a** Katalyse

b Bijvoorbeeld in plaats van olie een alternatieve bron gebruiken , een reactie waar minder CO_2- uitstoot ontstaat of om de temperatuur bij een reactie te doen verlagen waardoor er minder energie nodig is.

6 Omdat het ook rendabel moet zijn om dit toe te passen. Dit is echter niet altijd het geval.



1 / Rampen

Wat?
Deze opdrachten gaan over een aantal rampen met betrekking tot de chemische industrie die wereldwijd nieuws waren. De leerlingen analyseren wat er misging en koppelen dit aan de twaalf principes van de groene chemie.

Werkwijze (± 8 minuten)

De werkvorm denken-delen-uitwisselen is geschikt voor deze opdracht.

Vallend kwartje
De leerlingen leren hoe ze de twaalf principes van de groene chemie kunnen gebruiken om te identificeren wat er fout gaat in een scheikundig proces. Daarnaast zien de leerlingen in dat er meerdere principes bij één proces belangrijk zijn.

Vragen en antwoorden

Met een goede onderbouwing kunnen verschillende antwoorden correct zijn. Hieronder staan de meest logische antwoorden aangegeven.

a In 1984 lekte er methylisocyanaat - een zeer giftig gas - uit deze pesticidenfabriek in de dichtbevolkte stad Bhopal, India. Meer dan 3700 mensen kwamen om het leven en de gezondheid van meer dan 150.000 mensen is aangetast.
Omdat er water in de gastanks was gekomen gingen de ventielen onbedoeld open. De machines die gevaarlijke gassen hadden moeten neutraliseren waren op het moment van de ramp buiten gebruik vanwege onderhoudswerkzaamheden.

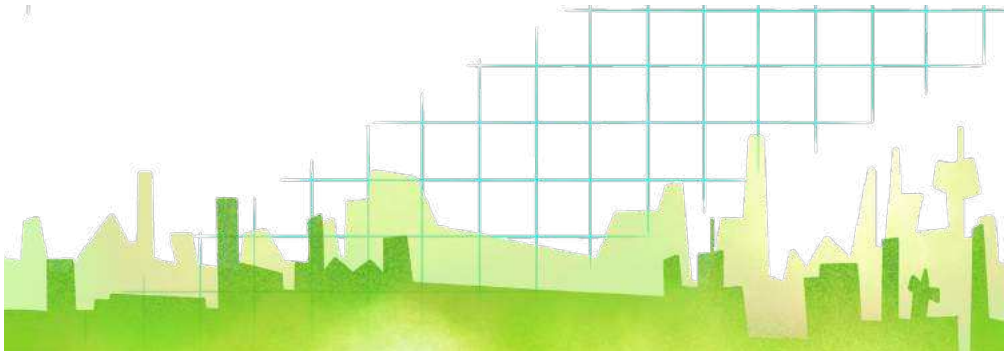
Principe 3 en 12 zijn hier het belangrijkst. Principe 3 omdat het methylisocyanaat - dat wordt gebruikt om pesticiden te maken - een zeer giftige, gevaarlijke stof is. Je zou dus een alternatieve productiemethode willen ontwerpen waar deze stof niet in gebruikt wordt. Principe 12, omdat de stof als gas opgeslagen wordt en de stof giftig is om in te ademen; het zou dus beter zijn om het op een andere manier op te slaan. Principe 11 zou ook kunnen vanwege het onderhoud aan de machines die de gassen hadden moeten neutraliseren.

b Op 4 augustus 2020 explodeerde 2750 ton ammoniumnitraat in de haven van Beirut, de hoofdstad van Libanon. Deze chemische simpele en veelgebruikte stof wordt voornamelijk gebruikt voor bemesting. Het kan ook als ingrediënt voor explosieven gebruikt worden. Het gevolg van deze ramp waren minstens 207 doden en 7500 gewonden.
Het lag al zes jaar opgeslagen in een warenhuis zonder fatsoenlijke veiligheidsregelingen.

In dit geval is principe 4 het belangrijkst; ammoniumnitraat is een gevaarlijk stof vanwege de explosiviteit. Je zou dan een andere stof willen ontwerpen die eenzelfde functie heeft, maar minder gevaarlijk is.

c Op 20 april 2010 vond een enorm olielek plaats op een boorplatform in de Golf van Mexico. De druk van de olie kon niet goed onder controle gehouden worden en er vond een 'blow-out' plaats, wat leidde tot een explosie. De 'blow-out preventer' functioneerde niet goed.
In totaal kwamen dertien mensen om het leven en er lekten drie maanden lang miljoenen liters olie per dag de zee in, met enorme ecologische gevolgen.

Principe 7 is hier het meest toepasbaar, omdat bij het gebruik van hernieuwbare energiebronnen en grondstoffen er geen olie meer gewonnen hoeft te worden. Op dat moment pas je tegelijk principe 3 ook toe; olie vervangen door een stof die minder gevaarlijk voor het milieu is. Principe 12 past hier ook bij, vanwege het ontsnappingsgevaar van olie voor de natuur.



2 / De twaalf principes van de groene chemie

Wat?
Bij deze opdrachten koppelen de leerlingen de twaalf principes van de groene chemie aan praktische voorbeelden van oplossingen.

Werkwijze (± 10 minuten)

De leerlingen gaan zelfstandig of in tweetallen aan de slag met de vragen.



Vallend kwartje
De leerlingen zien in dat je met de principes van de groene chemie vele verschillende aspecten van een scheikundig proces kunt verduurzamen. Daarnaast leren de leerlingen dat er meerdere principes toe te passen zijn op één scheikundige reactie.

Antwoorden

a Biologisch afbreekbare plastic zakjes blijven niet in het milieu liggen, dus is principe 10 hier van toepassing. Leerlingen kunnen ook aan principe 1 denken, maar je voorkomt hiermee geen

b Principe 6 is hier van toepassing, omdat de reactie niet meer op hoge temperatuur uitgevoerd hoeft te worden. Daarnaast is principe 9 van toepassing, omdat je door het gebruik van een katalysator vaak niet een-op-een stoffen aan elkaar toevoegt.

c Principe 5 is hier van toepassing, omdat benzeen een oplosmiddel is dat gevaarlijk is, terwijl water dat niet is. Principe 3, omdat er dan minder gevaarlijke stoffen gebruikt worden in het proces.

d Het enige juiste antwoord hier is principe 8: het verminderen van de hoeveelheid reactiestappen.

e Principe 7, 3 en 10. Principe 7, omdat aardappelen gelden als hernieuwbaar product. Principe 3, omdat plastic veelal van olie gesynthetiseerd wordt. Aardappelzetmeel is minder gevaarlijk/schadelijk voor het milieu dan olie. Principe 10, omdat aardappelzetmeel biologisch afbreekbaar is.

f Principe 12 geldt hier, omdat het opslaan van een stof in vaste vorm minder kans op ontsnappen heeft dan een stof in gasvorm. De leerlingen kunnen ook principe 3 of 4 aangeven, omdat de vervangende stof mogelijk minder gevaarlijk is dan methylisocyanaat.

3 / Spelers bij verduurzaming

Wat?
In deze opdracht gaan de leerlingen kijken welke spelers betrokken zijn bij verduurzaming. De drie spelers waar deze opdracht zich op focust zijn de industrie, de overheid en de consument. De vraag waarmee de leerlingen zich hier gaan bezighouden is wie de verantwoordelijkheid draagt voor de verduurzaming.

Werkwijze (± 8 minuten)

Voor dit onderdeel zijn er drie opdrachten waar de leerlingen steeds meer zelf moeten invullen. Deze opdrachten kunnen zowel individueel als in groepjes worden gemaakt.

De leerlingen zien in dat verschillende groepen actie zullen moeten ondernemen om onze huidige levensstijl op de lange termijn te behouden.

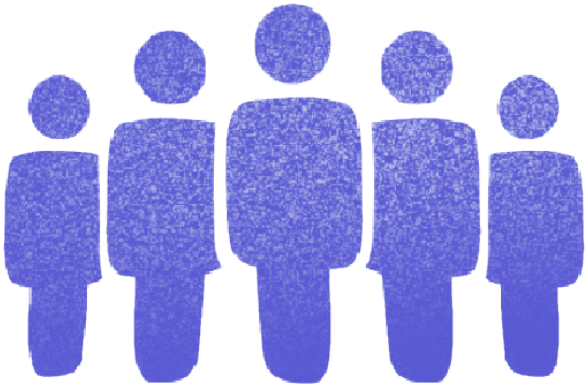
Antwoorden

a Eigen antwoord.

b Hier zijn meerdere antwoorden per speler mogelijk. Het is belangrijk om dit met de leerlingen te bespreken.

i. Industrie: er moeten meer duurzame producten komen, zoals vegetarische opties.
ii. Overheid: er moet een vleesbelasting worden ingevoerd zodat het minder wordt verkocht.
iii. Consument: de consument moet minder vlees gaan eten.

c Ook hier zijn meerdere antwoorden mogelijk. Bij deze vraag is het van belang dat er wordt benadrukt dat spelers moeten samenwerken om de levensstijl op lange termijn te behouden. Mogelijk antwoord zou zijn dat er extra belasting wordt geheven op plastic flessen (overheid). De consument zou meer gebruik kunnen maken van alternatieven, zoals een dopper. En de industrie zou de plastic flessen die nog worden gebruikt nog beter moeten recyclen.



Exit-ticket

Wat?
Bij dit exit-ticket wordt getoetst of de leerlingen de leerdoelen behaald hebben.

Werkwijze (± 5 minuten)

De leerlingen krijgen elk een exit-ticket en vullen deze individueel in. Als ze klaar zijn leveren ze deze in bij jou als docent.



De leerlingen halen hun kennis op over de rol van de chemische industrie bij verduurzaming, de term 'groene chemie', de bijbehorende twaalf principes, en wie er verantwoordelijk kan zijn bij verduurzaming.

Antwoorden

1 In welke sectoren kan de chemische industrie een rol spelen bij verduurzaming? Vink de juiste sector(en) aan.

Alle antwoorden zijn goed. Alle sectoren kunnen een rol spelen bij verduurzaming.

Landbouw: de landbouw zou minder intensief kunnen worden, zodat de grond de tijd krijgt om te herstellen en er meer voedingsstoffen in de bodem komen.

Elektriciteit: de elektriciteit zou zich nog meer moeten richten op duurzame energie zoals zonne- en windenergie.

Mobiliteit: de mobiliteit zou zich nog meer moeten richten op groene brandstof, zoals bussen die op groene elektriciteit werken.

Industrie: de industrie zou met zo min mogelijk schadelijke stoffen moeten werken.

Gebouwde omgeving: bij de gebouwde omgeving zou moeten worden gewerkt met afbreekbare stoffen die lang goed blijven. Als de gebouwen door herinrichting zouden moeten worden afgebroken, kan het materiaal mogelijk hergebruikt worden.

2 Wat heeft de groene chemie met duurzaamheid te maken?

De groene chemie is gericht om een bestaand of nieuw scheikundig proces duurzamer te maken. Omdat scheikunde een grote rol speelt in onze samenleving, heeft het ook een belangrijke rol om deze samenleving duurzamer te maken.

3 Noem twee van de twaalf groene principes en geef er een voorbeeld van.

Alle antwoorden zijn goed. Alle sectoren kunnen een rol spelen bij verduurzaming.

4 Noem drie grote spelers die invloed hebben op de verduurzaming. Waarom zijn ze alle drie belangrijk?

De overheid, de industrie en de consument. Deze drie spelers moeten samenwerken aan verduurzaming. Door de acties die de spelers nemen beïnvloeden ze ook de andere spelers. Om dezelfde levensstijl aan te houden is het noodzakelijk dat alle spelers samenwerken.

5 Benoem een vraag aan Paolo die je graag beantwoord wilt hebben.

Eigen antwoord.

LES

LES 03

Les 3: Hoe werken katalysatoren?

Leerdoelen	De leerlingen leren… • wat een katalysator is (een stof die niet verbruikt wordt in een reactie maar het wel efficienter laat verlopen) • de rol van katalysatoren in de verduurzaming van de chemische industrie (principe 9) • de verschillen tussen de onderzoekscyclus en de ontwerpcyclus • welke criteria belangrijk zijn bij het ontwerpen van nieuwe katalysatoren
Verloop van de les	• Filmpje '*Hoe werken katalysatoren?*' • Kijkvragen beantwoorden (± 11 min) • Opdracht 1: Zoek de verschillen - de ontwerpcyclus en de onderzoekscyclus (± 4 min) • Opdracht 2: Katalysatoren in actie ? (± 8 min) • Opdracht 3: Ontwerpeisen en resultaten (± 8 min) • Opdracht 4: Onderzoeken x ontwerpen (± 10 min) • Opdrachten bespreken en afsluiting les.
Onder-zoeksfases	• Fase 1: Verwondering • Fase 2: Verkenning • Fase 3: Onderzoeksvraag en hypothese • Fase 4: Onderzoeksplan • Fase 5: Uitvoering • Fase 6: Conclusie en discussie • Fase 7: Presentatie
Voorbereid-ing docent	• Docentenhandleiding hulpkaarten doornemen en de hulpkaarten "onderzoeksvraag opstellen" en "deelvragen maken" uitprinten • Werkbladen uitprinten • Filmpje *Hoe werken katalysatoren?* klaarzetten en testen

Introductie: entreeticket

Wat?
De leerlingen vullen de antwoorden op twee korte vragen in, om de stof van de eerste les te herhalen.

Werkwijze (± 5 minuten)

Deel de entreetickets uit en laat de leerlingen zelfstandig hun antwoord opschrijven op de vraag. Na een korte check kun je beginnen aan de rest van de les.

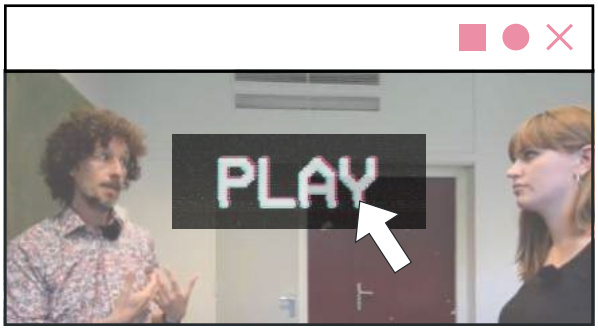
Leerlingen halen hun voorkennis op. Ze bedenken wat duurzaamheid voor hen betekent. Daarnaast herhalen voor zichzelf wat een katalysator is.

Uitleg

Er zijn verschillende goede antwoorden op vraag 1 en 2. Kijk vooral of leerlingen er serieus over nagedacht hebben en of ze eventueel de stof van de eerste les erbij hebben gepakt. Je kunt de entreetickets laten doorgeven, zodat iemand anders in de klas controleert of een leerling verder 'mag' met deze les.

Filmpje 3: Paolo en duurzaamheid

Wat?
De leerlingen bekijken het filmpje "*Hoe werken katalysatoren*". In deze video gaat Paolo in op wat een katalysator is, hoe het bijdraagt aan een duurzamer proces en aan welke ontwerpeisen een katalysator moet voldoen.



Werkvorm (± 10 minuten)

Zet het derde filmpje klaar. Laat leerlingen de kijkvragen zelfstandig invullen en bespreek daarna klassikaal wat ze bij de vier vragen hebben ingevuld. Hiermee kun je checken of de leerlingen het filmpje goed hebben begrepen.

1 Wat is volgens Paolo het verschil tussen een onderzoeksvraag en een ontwerpvraag?

2 Leg aan de hand van het plaatje uit wat een katalysator doet

3 Noem de vier ontwerpeisen voor een katalysator.

Selectiviteit, activiteit, stabiliteit, prijs

4 Hoe zou jij scheikunde inzetten om de wereld duurzamer te maken?



Vallend kwartje
De leerlingen begrijpen wat een katalysator is en aan welke ontwerp eisen deze moet voldoen. Daarnaast leren ze wat het verschil is tussen onderzoek doen en ontwerpen.

Antwoorden

1 Met onderzoek doen probeer je fundamentele kennis te vergaren en met ontwerpen kijk je naar de oplossing van een praktisch probleem.

2 Eigen antwoord

3 Selectiviteit, activiteit, stabiliteit, prijs

4 Eigen antwoord

1 / Zoek de verschillen - de ontwerpcyclus en de onderzoekscyclus

Wat?
De leerlingen zoeken uit wat de verschillen zijn tussen de ontwerpcyclus en de onderzoekscyclus.

Werkwijze (± 4 minuten)

Aan de hand van een plaatje van beide cycli schrijven de leerlingen op welke stappen in de onderzoeks- en ontwerpcyclus van elkaar verschillen.

De leerlingen zien in dat er naast de onderzoekscyclus ook een ontwerpcyclus bestaat. Bij onderzoek waarbij ontwerpen een belangrijke rol speelt, wordt vaak gebruik gemaakt van de ontwerpcyclus.

Antwoorden

De leerlingen kunnen hun antwoorden op verschillende manieren opschrijven. Uitgaande van de onderzoekscyclus zien de antwoorden er in grote lijnen als volgt uit:

Stap 1 van de onderzoekscyclus is je eerst verwonderen over een onderwerp, zodat je op een onderwerp komt dat je wilt onderzoeken. Bij de ontwerpcyclus start je met een probleem dat je gaat verkennen, omdat je dat probleem wil gaan oplossen.

Stap 2 van de onderzoekscyclus is de verkenning van het onderwerp: bronnen zoeken en inlezen. Bij de ontwerpcyclus ben je bij stap 2 al bezig met ideeën verzinnen voor mogelijke oplossingen van het probleem.

Stap 3 en 4 van de onderzoekscyclus vallen samen met **stap 3** van de ontwerpcyclus. Bij de onderzoekscyclus bedenk je een onderzoeksvraag en zet je een onderzoeksplan op. Bij de ontwerpcyclus heb je in dit stadium een aantal conceptideeën die je kunt gaan ontwerpen.

Stap 5 van de onderzoekscyclus is de fase waarin je je onderzoek uitvoert. Deze fase van de onderzoekscyclus komt redelijk overeen met **stap 4** ('prototype maken') van de ontwerpcyclus.

Stap 6 van de onderzoekscyclus geeft antwoord op de onderzoeksvraag. In het geval van de ontwerpcyclus is dit **stap 5**: testen en optimaliseren. Het conceptontwerp geeft mogelijk een oplossing voor het probleem (in plaats van een antwoord op de onderzoeksvraag). Opties voor optimaliseren van het ontwerp lopen parallel aan de discussie aan het eind van een onderzoekscyclus.

Stap 7 van de onderzoekscyclus is vergelijkbaar met **stap 6** van de ontwerpcyclus: presenteren van wat je hebt onderzocht of hebt ontworpen.

2 / Katalysatoren in actie

Wat?
De leerlingen zien hoe je katalysatoren kan toepassen op dagelijkse chemische processen.

Werkwijze (± 8 minuten)

Van drie verschillende chemische processen geven de leerlingen de beginstof en het eindproduct aan. Ook geven ze van elk proces aan waar de katalysator bindt aan de beginstof. De chemische processen waar ze de opdrachten over maken zijn kunstmest, katalysatoren in het menselijk lichaam en autokatalysatoren.

De leerlingen zien in dat reacties met de hulp van katalysatoren met minder energie gepaard gaan en dat katalysatoren zelf niet opgebruikt worden.

Antwoorden

Kunstmest

a De beginstof van de chemische reactie (op plek x,y): waterstof (H_2) en stikstof (N_2).

b De katalysator bindt aan de beginstof (op plek ....): H_2 en N_2 binden aan het metaal.

c Het product van de chemische reactie (op plek z): ammoniak (NH_3).

Katalysatoren in het lichaam

a De beginstof van de chemische reactie (op plek x,y): glucose.

b De katalysator bindt aan de beginstof (op plek ....): glucose bindt aan een enzym.

c Het product van de chemische reactie (op plek z): CO_2 en ATP.

Autokatalysatoren

a De beginstof van de chemische reactie (op plek x,y): benzine/diesel/gas.

b De katalysator bindt aan de beginstof (op plek ....): NO_x bindt aan de katalysator.

c Het product van de chemische reactie (op plek z): N_2, H_2O en CO_2.

3 / Ontwerpeisen en resultaten

Wat?
De leerlingen maken met hulp van de opdracht kennis met de ontwerpeisen van een katalysator.

Werkwijze (± 8 minuten)

In opdracht a tot en met c gaan leerlingen bezig met de ontwerpeisen van een katalysator. In opdracht a verbinden ze een beschrijving met de juiste ontwerpeis. In opdracht b kiezen ze de beste katalysatoren op basis van de ontwerpeisen die gegeven zijn. In opdracht c gaan ze bedenken bij welke stap van de onderzoeks- of ontwerpcyclus hun antwoord van opdracht b past. Hier wordt dus teruggegrepen op opdracht 2 van de les.

De leerlingen zien in wat de vier ontwerpeisen van een katalysator zijn en wat deze betekenen.

Antwoorden

Er zijn vier verschillende ontwerpeisen van een katalysator:

i. Activiteit: hoeveel een katalysator een reactie versnelt.
ii. Selectiviteit: percentage van het reactieproduct dat het gewenste product is.

iii. Omzettingsgetal: hoeveel reacties een katalysator kan omzetten voordat het vervangen moet worden, ofwel de stabiliteit van een katalysator.
4. Prijs: hoe duur een katalysator is.

a

i. Paolo vraagt aan zijn collega of een bepaalde katalysator niet te veel afval en te weinig product vormt.
Antwoord: selectiviteit.

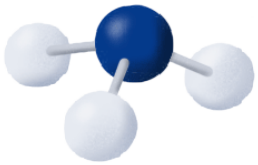
ii. Een bedrijf dat nu een katalysator gebruikt die gebaseerd is op goud, vraagt aan Paolo om een alternatief te ontwikkelen, omdat goud zo duur is.
Antwoord: prijs.

iii. Met een innovatieve doorbraak heeft Paolo een katalysator ontwikkeld die tien keer meer startmateriaal omzet per seconde dan de oude katalysator.
Antwoord: activiteit.

iv. Er is net een nieuwe katalysator op de markt, maar Paolo is niet erg onder de indruk, omdat hij al na heel weinig reacties kapot gaat.
Antwoord: omzettingsgetal.

b IJzer is de beste optie, omdat de verschillende katalysatoren het meest verschillen op het criterium 'prijs'. IJzer heeft de laagste prijs en is daarom de beste keus. De andere criteria verschillen slechts minimaal tussen de verschillende katalysatoren.

c Dit past het beste bij stap 3 van de ontwerpcyclus: concepten uitwerken en selecteren. In de tabel zijn de concepten uitgewerkt met behulp van de vier criteria voor een goede katalysator. Vervolgens selecteer je welke katalysator je gaat testen.



4 / Onderzoeken x ontwerpen

Wat?
De leerlingen oefenen met het herkennen van het verschil tussen de onderzoekscyclus en de ontwerpcyclus. Aan de hand van voorbeelden van katalysatoren leren ze relevante vragen voor beide cycli op te stellen.

Werkwijze (± 10 minuten)
In opdracht a oefenen de leerlingen eerst met het *herkennen* van het verschil tussen onderzoeks- en ontwerpvragen aan de hand van voorbeelden. Vervolgens *evalueren* leerlingen de kwaliteit van een aantal voorbeelden van onderzoeks- en ontwerpvragen in opdracht b. Ten slotte oefenen de leerlingen in opdracht c met het uitwerken van een hoofdvraag tot deelvragen.

De leerlingen krijgen inzicht in de samenhang en de verschillen van de onderzoeks- en ontwerpcyclus. Ook oefenen de leerlingen met het zetten van de eerste stappen in het onderzoeken en het ontwerpen, het afbakenen van je vragen.

Antwoorden

a

	Onderzoeksvraag	Ontwerpvraag
Hoe kan een plant optimaal CO_2 opnemen?		x
Wat is de afgelopen tien jaar de invloed van CO_2-uitstoot op de klimaatverandering geweest?	x	
Hoe breekt de lever alcohol af?	x	
Hoe kan je de leverenzymen alcohol laten afbreken?		x

b

- Hoe zetten planten CO_2 om in energie?
  Geen goede vraag, het is immers al bekend en makkelijk op te zoeken.
- Is katalysator A een betere katalysator dan katalysator B?
  Geen goede vraag, want wanneer is katalysator 'beter'? Wat als katalysator A een betere activiteit heeft en katalysator B een betere stabiliteit?
- Verbetert het aan elkaar zetten van mijn metaalmoleculen de stabiliteit van mijn katalysator?
  Goede vraag, het is duidelijk, specifiek en niet makkelijk op te zoeken.

c De opties voor hoofdvragen bestaan uit 'Wat is de afgelopen tien jaar de invloed van CO_2-uitstoot op het broeikaseffect geweest?' en 'Hoe breekt de lever alcohol af?' Voorbeelden van deelvragen voor eerste hoofdvragen zijn: 'Is er een wereldwijde correlatie tussen CO2-uitstoot en klimaatverandering?' en 'Zijn er andere factoren die klimaatverandering beïnvloeden?' Voorbeelden van de tweede hoofdvraag zijn: 'Waar in de lever wordt alcohol afgebroken?' en 'Wat zijn de afbraakproducten?'

Onderzoeksvraag opstellen



Fase 3: Onderzoeksvraag

Wat leer je?

Hoe maak je van een gewone vraag een goede onderzoeksvraag?

Waarom?

Het formuleren van een onderzoeksvraag is belangrijk om je onderwerp goed af te bakenen. Zo weet je zeker dat het een behapbaar onderzoek wordt dat past in de tijd die je hebt.

Hoe?

Door antwoord te geven op de volgende vragen uit het vragenkompas uit Expeditie Onderzoek, kun je kijken of je onderzoeksvraag goed is. Je onderzoeksvraag is goed als je op alle vragen dichter bij 'ja' in de buurt zit dan bij 'nee'.

1. Past de vraag bij het onderwerp?

   Nee Ja

2. Is het geen opzoekvraag?

   Nee Ja

3. Is het een nuttige vraag?

   Nee Ja

4. Is het echt één vraag?

Nee Ja

5. Is de vraag duidelijk?

Nee Ja

6. Is de vraag afgebakend?

Nee Ja

7. Is de vraag door ons te beantwoorden?

Nee Ja

Tips

- Open vragen die beginnen met “in hoeverre”, “waarom” of “Op welke manier” zijn vaak goede onderzoeksvragen.
- Je kan verschillende soorten onderzoeksvragen stellen. Zo heb je de vergelijkende onderzoeksvraag: “Wat zijn de verschillen tussen…” Ook heb je de verklarende onderzoeksvraag: “Wat is de belangrijkste oorzaak van…”.
- Soms blijkt tijdens het maken van de onderzoeksmethode dat de onderzoeksvraag nog niet goed genoeg is, dan kun je je vraag nog bijstellen.

Deelvragen maken



Fase 3: Onderzoeksvraag

Wat leer je?

Hoe stel je goede deelvragen op bij je hoofdvraag?

Waarom?

Je kunt de hoofdvraag meestal niet in één keer beantwoorden. Door deelvragen op te stellen, kun je stap voor stap een antwoord vinden op je hoofdvraag.

Hoe?

Elke deelvraag die je maakt moet bijdragen aan het antwoord op je hoofdvraag. De splitst je hoofdvraag dus op in meerdere deelvragen.

Voorbeeld:
Hoofdvraag: '*In hoeverre speelt erfelijke aanleg een rol bij de ontwikkeling van PTSS bij veteranen van de Task Force Uruzgan?*'

Een voorbeeld van een **goede deelvraag**: '*Wat is PTSS?*'
→ Deze vraag is nodig om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

Een voorbeeld van een **slechte deelvraag** hierbij is: '*Welke behandelingen voor PTSS werken het beste?*'
→ Deze vraag is niet nodig om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Je snijdt hiermee een nieuw onderwerp aan dat niet van belang is voor je hoofdvraag.

Vraag jezelf dus af welke stukjes informatie je allemaal nodig hebt om je hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

Tips

- Deelvragen zijn vaak beschrijvende vragen die beginnen met ‘hoe’, ‘wie’, ‘wat’, ‘waar’ of ‘wanneer’
- Alle onderdelen uit de hoofdvraag moeten opgesplitst zijn in deelvragen. De informatie die je verkrijgt door je deelvragen te beantwoorden, zijn als het ware de bouwstenen voor het beantwoorden van de hoofdvraag.

Valkuilen:

- Als blijkt dat je heel veel (meer dan 3) deelvragen nodig hebt om je hoofdvraag te beantwoorden, betekent het dat je hoofdvraag te complex is. Het is dan handig om opnieuw naar je hoofdvraag te kijken en deze aan te scherpen.
- Te veel deelvragen kan ook betekenen dat je nieuwe onderwerpen aansnijdt, die niet nodig zijn om je hoofdvraag te beantwoorden. Stel dus alleen deelvragen op die nodig zijn om je hoofdvraag te beantwoorden.

LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3
LESSENSERIE 3

Leerlingmateriaal



Katalysator tot duurzame chemie

Paolo Pescarmona

LES

01

Wie is Paolo Pescarmona?

1 / Voetsporen

a Beschrijf welke vormen van onderwijs je ouder(s)/verzorger(s) hebben gehad (bijvoorbeeld basisschool, vmbo, havo, vwo, MBO, HBO, universitaire studie).

Ouder/verzorger 1:

Ouder/verzorger 2:

b Verschilt het niveau waar jij op zit van dat van je ouder(s)/verzorger(s)? Zo ja, beschrijf het verschil.

c In hoeverre wil je dezelfde studie doen als een van je ouder(s)/verzorger(s)? Waarom wel of niet.

d Bepaal of de volgende stelling ook op jou van toepassing is:
Mijn ouders/verzorgers zouden het zonde vinden als ik op vmbo-basis zou zitten terwijl ik vwo aan zou kunnen. Leg je antwoord uit.

e Bespreek je antwoorden van a, b, c en d met een klasgenoot.

2 / Katalysatoren in actie

Jullie gaan nu kennismaken met Paolo in het filmpje '*Over inspirerend onderzoek: Paolo Pescarmona*'.



1 Noem drie eigenschappen van een wetenschapper, volgens Paolo.

2 Hoe zou je Paolo omschrijven?

3 Wat is de missie van Paolo?

4 Waarom twijfelde Paolo aan het volgen van een wetenschappelijke studie?

5 Is het voor jou vanzelfsprekend dat je een wetenschappelijke studie gaat volgen?

6 Treed jij, net zoals Paolo, ook in de voetsporen van je ouders wat betreft studiekeuze? Leg je antwoord uit.

7 Paolo's vraag aan jou: "Waar twijfel jij weleens aan?"

3 / Keuzes

Paolo vertelde in het filmpje dat hij twijfelde tussen een carrière in de wetenschap, industrie of een non-profit organisatie. Hij vond dit allemaal aantrekkelijke opties en kon dus kiezen. Je zou zeggen dat hoe meer keuzemogelijkheden je hebt, hoe gelukkiger je wordt. Dit zou kunnen gelden voor de keuze voor een studie, de aankoop van een broodje in de supermarkt of de aanschaf van een nieuwe jas.

Maar dat hoeft helemaal niet zo te zijn. Het kan ook zo zijn dat hoe meer keuzemogelijkheden je hebt, hoe meer kans op keuzestress en twijfel. Wat is de goede keuze? En wat als achteraf een andere optie beter was geweest? Niet iedereen gaat daar hetzelfde mee om. Sommigen gaan voor 'goed genoeg', anderen alleen voor het beste.





a Wanneer ervaar jij keuzestress?

b Kijk naar het antwoord op de vorige vraag. Wat doe je, op het moment dat je keuzestress ervaart, om toch tot een keuze te komen?

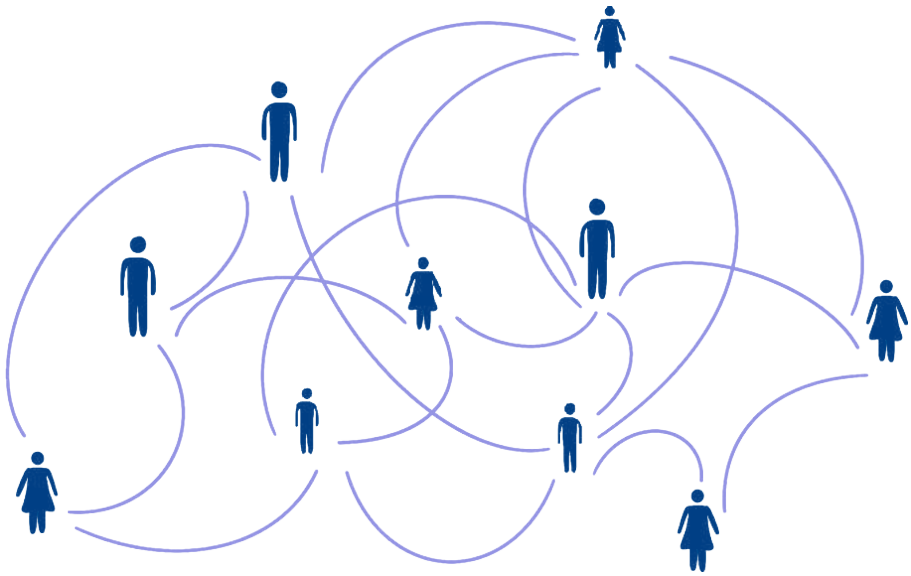
c Ben jij meer iemand die altijd voor het beste gaat of ook genoegen neemt met goed genoeg? Leg je antwoord uit aan de hand van een voorbeeld.

d Twijfel jij ook over de profielkeuze op het vwo of studiekeuze na het vwo? Leg je antwoord uit.

4 / De maatschappij

Paolo vertelt dat het zijn missie is om de maatschappij de verduurzamen.

a Welke maatschappelijke thema's vind jij belangrijk?



b Wat zou jij willen verbeteren aan de maatschappij?

c Wat zou je kunnen ontwerpen om deze verbetering te bewerkstelligen?

d Net als bij onderzoeken, doorloop je bij ontwerpen een proces met verschillende stappen. Vanuit een probleem ga je stapsgewijs naar een product of prototype dat het probleem oplost. Welke stappen zou je moeten nemen om tot het product of prototype bij (c) te komen?

LES

02

Chemische industrie en groene chemie

Voorkennis

Beantwoord de volgende vragen om je kennis over het onderwerp op te rakelen. Zo begrijp je straks meer van het filmpje dat je gaat zien.

1 Kun je producenten van de chemische industrie bedenken die deel uitmaken van je dagelijks leven? Wellicht kunnen onderstaande vragen je helpen. Noteer de chemische producten op de stippellijnen.

Hoe ben je vandaag op school gekomen?

Wat heb je vandaag gegeten?

Wat voor kleding draag je vandaag?

Wat doe je in je vrije tijd?

Wat voor kleding draag je vandaag?

Wat voor hygiëneproducten gebruik je?

2 In de tabel hieronder staan in de linkerkolom mogelijke antwoorden op vraag 2a gegeven. Vul in de rechterkolom aan welke grondstoffen en/of materialen in deze producten zijn gebruikt. Kies uit de volgende grondstoffen en materialen: olie, staal, aluminium, computerchips, dierlijke producten en planten.



Producten	Grondstoffen en materialen
Auto	
Gehakt	
Sokken	
Voetbalschoenen	
Mobieltje	
Tandpasta	



Kijkvragen

1 Wat is het grote dilemma waar we ons nu in bevinden met het oog op de chemische industrie?

2 Welk doel streeft Paolo na met scheikunde?

3 **a** Wat is de betekenis die Paolo geeft aan duurzaamheid?

b Wat betekent duurzaamheid voor jou?

4 Waarom zijn de twaalf principes van de groene chemie opgesteld?

1 / Rampen

a Paolo stelt dus dat scheikunde nu het probleem is, maar tegelijkertijd ook de oplossing biedt: scheikunde kan ook bijdragen aan een duurzame wereld. Dat de chemische industrie een behoorlijke negatieve impact kan hebben op het milieu blijkt uit onderstaande rampen. Je docent heeft net de twaalf principes van groene chemie uitgelegd. Geef bij elk van de onderstaande rampen aan wat er hier fout is gegaan. Gebruik hiervoor de twaalf principes van de groene chemie. Let op: er kunnen meerdere goede antwoorden mogelijk zijn.

A



In 1984 lekte er methylisocyanaat - een zeer giftig gas - uit deze pesticidenfabriek in de dichtbevolkte stad Bhopal, India. Meer dan 3700 mensen kwamen om het leven en de gezondheid van meer dan 150.000 mensen is aangetast.

Omdat er water in de gastanks was gekomen gingen de ventielen onbedoeld open. De machines die gevaarlijke gassen hadden moeten neutraliseren waren op het moment van de ramp buiten gebruik vanwege onderhoudswerkzaamheden.

B



Op 4 augustus 2020 explodeerde 2750 ton ammoniumnitraat in de haven van Beirut, de hoofdstad van Libanon. Deze chemische simpele en veelgebruikte stof wordt voornamelijk gebruikt voor bemesting. Het kan ook als ingrediënt voor explosieven gebruikt worden. Het gevolg van deze ramp waren minstens 207 doden en 7500 gewonden.

Het lag al zes jaar opgeslagen in een warenhuis zonder fatsoenlijke veiligheidsregelingen.

C



Op 20 april 2010 vond een enorm olielek plaats op een boorplatform in de Golf van Mexico. De druk van de olie kon niet goed onder controle gehouden worden en er vond een 'blow-out' plaats, wat leidde tot een explosie. De 'blow-out preventer' functioneerde niet goed.

In totaal kwamen dertien mensen om het leven en er lekten drie maanden lang miljoenen liters olie per dag de zee in, met enorme ecologische gevolgen.

De twaalf principes van de groene chemie

In de vorige opdracht heb je aan de hand van de twaalf principes bepaald wat er fout ging in een proces. De twaalf principes kunnen ook gebruikt worden om oplossingen te bedenken. Hieronder staan een aantal duurzame oplossingen. Geef aan welke principes bij de duurzame oplossing horen. Er kunnen meerdere principes bij een duurzame oplossing horen.

a Sarah gebruikt thuis altijd biologisch afbreekbare vuilniszakjes.

b Paolo ontwikkelt een katalysator waardoor een reactie niet meer op hoge temperatuur uitgevoerd hoeft te worden.

c Een farmaceutisch bedrijf gebruikt water als oplosmiddel in plaats van benzeen.

d Een verfbedrijf vervangt een vijfstapsproces door een driestapsproces.

e Een plasticbedrijf maakt plastic voortaan van aardappelzetmeel.

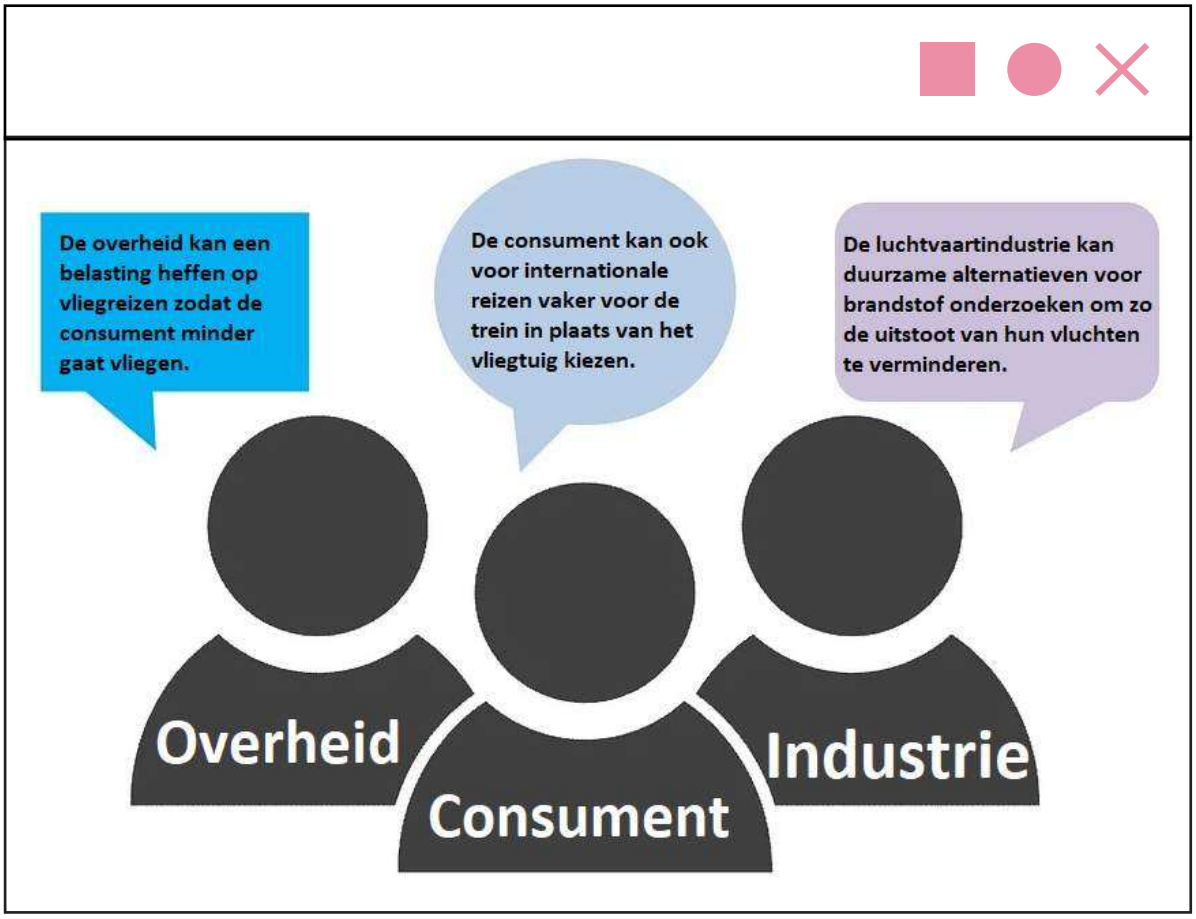
f De fabriek uit opdracht 1.1a gaat een alternatieve stof gebruiken die niet als gas wordt opgeslagen.



3 / Spelers bij verduurzaming

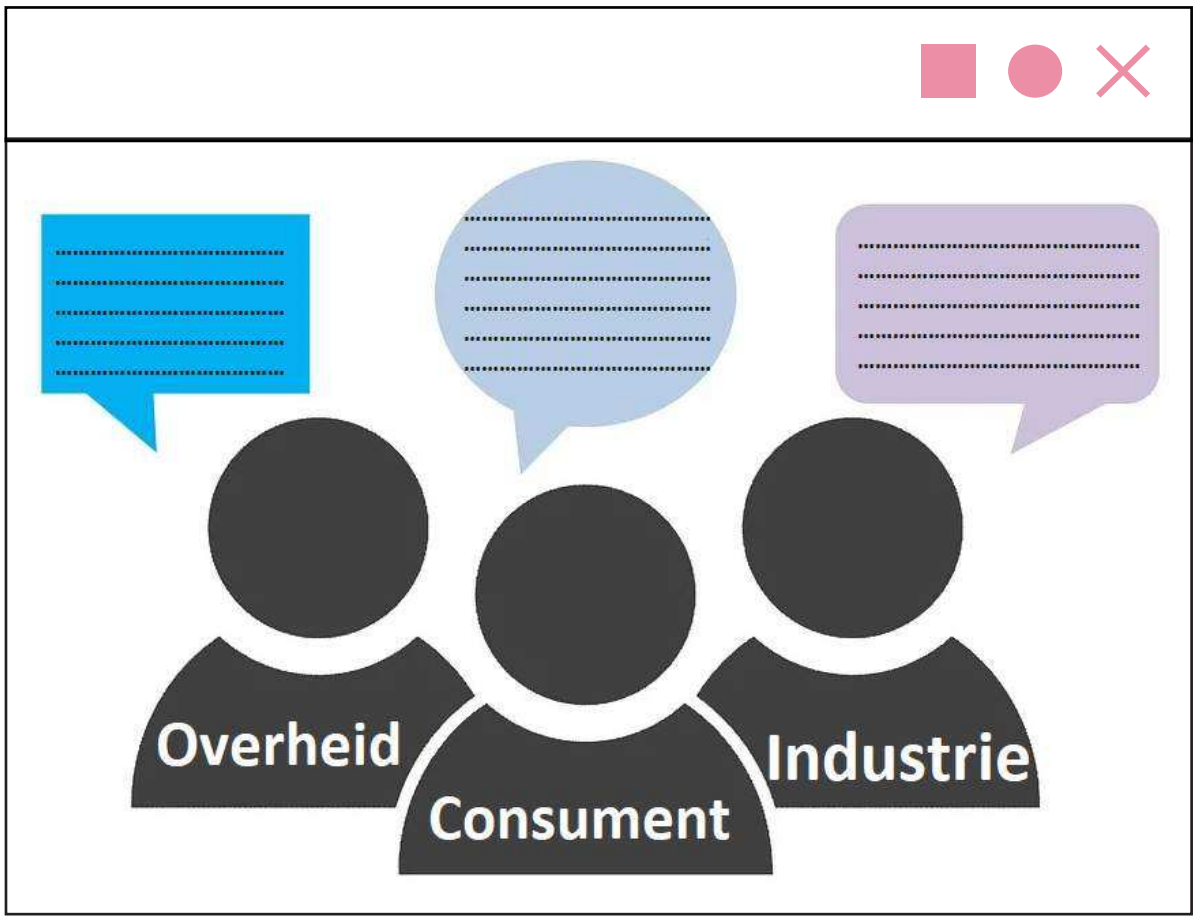
Wie verantwoordelijk is om voor ervoor te zorgen dat de wereld duurzamer wordt is een veelbesproken onderwerp. In brede lijnen zijn er drie spelers die vaak worden aangewezen: de industrie (zoals oliebedrijven en staalfabrikanten, maar ook farmaceutische producenten), de overheid en de consumenten. Bij deze opdrachten kruip je in de huid van deze drie spelers.

a De internationale luchtvaart is verantwoordelijk voor zeer veel broeikasgasuitstoot. Aangezien dit een snelgroeiende sector is, zal de luchtvaart de komende jaren naar verwachting nog veel meer broeikasgassen gaan uitstoten. Vandaar dat er veel discussie is over hoe we het beste de uitstoot in deze sector kunnen verminderen. Hieronder staan enkele oplossingen waarmee de luchtvaartindustrie, de overheid en de consument kunnen bijdragen aan een duurzamere wereld:



Welke van de genoemde oplossingen vind jij het beste? En waarom?

b Een andere grote vervuiler is de vleesindustrie. Nederlanders eten per persoon per jaar gemiddeld veertig kilo aan vlees. Volgens de VN is de vleesindustrie en de veehouderij verantwoordelijk voor bijna vijftien procent van de wereldwijde uitstoot! Ook hier kunnen de industrie, de overheid en de consument een belangrijke rol spelen om de uitstoot te verminderen. Bedenk voor elk van de drie onderstaande rollen ten minste één oplossing



c Bij de vorige opdrachten hebben jullie voor elk van de drie spelers apart oplossingen bedacht. Maar om een probleem aan te pakken is vaak samenwerking nodig. Bedenk daarom een integraal plan om het plasticprobleem aan te pakken, waarbij in ieder geval twee van de spelers samenwerken om het probleem aan te pakken.

Exit-ticket

1 In welke sectoren kan de chemische industrie een rol spelen bij verduurzaming? Vink de juiste sector(en) aan.

- ☐ Landbouw
- ☐ Elektriciteit
- ☐ Mobiliteit
- ☐ Industrie
- ☐ Gebouwde omgeving

2 Wat heeft de groene chemie met duurzaamheid te maken?

3 Noem twee van de twaalf groene principes en geef er een voorbeeld van.

4 Noem drie grote groepen die invloed hebben op de verduurzaming. Waarom zijn ze alle drie belangrijk?

5 Benoem een vraag aan Paolo die je graag beantwoord wilt hebben.



De twaalf principes van duurzame chemie

1 Preventie

Afvalproductie vermijden is beter dan het moeten opruimen.

Bijvoorbeeld: Het is beter als er geen CH_4 vrijkomt bij een proces, in plaats van dat het vrijkomt en vervolgens minder schadelijk gemaakt moet worden voordat het uitgestoten kan worden.

2 Atoomefficiëntie

Zo veel mogelijk van de startmaterialen moet in het gewenste eindproduct komen.

Bijvoorbeeld: Reacties zoals $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ zijn ideaal, omdat alle atomen van de startmaterialen in het product terecht komen. Als dat niet zo is produceer je afval.

3 Startmaterialen

De stoffen die gebruikt worden moeten mens en milieu zo min mogelijk schaden.

Bijvoorbeeld: Paolo noemde het voorbeeld waarin fosgeen (een zeer giftig gas) gebruikt wordt om dimethylcarbonaat te maken. Het is hier wenselijk om een proces te gebruiken met minder gevaarlijke startmaterialen.

4 Eindproducten

De eindproducten moeten hun functie vervullen, maar ook zo min mogelijk mens en milieu schaden.

Bijvoorbeeld: Aceton werkt erg goed als nagellakremover, maar het irriteert je nagels en huid. Hierom zitten er tegenwoordig vaak minder heftige alternatieven in nagellakremover.

5 Oplosmiddelen

Omdat grootschalig gebruik van vluchtige oplosmiddelen een grote bron van chemische uitstoot is, moet het gebruik hiervan zo veel mogelijk beperkt worden.

Bijvoorbeeld: Een merendeel (50-80 procent) van de massa van een vol reactievat in een fabriek bestaat uit oplosmiddelen. Het is essentieel dat dit zo veel mogelijk beperkt en gerecycled wordt, na gebruik wordt het namelijk vaak verbrand met veel uitstoot als gevolg.

6 Energie-efficiëntie

Bij het ontwikkelen van een proces moet goed gekeken worden naar de gevolgen van het energiegebruik met oog op het milieu. Temperatuur en/of druk verhogen zou zo veel mogelijk beperkt moeten worden. Vrijkomende energie zou zo veel mogelijk gebruikt moeten worden.

Bijvoorbeeld: Als er bij stap 1 in een proces energie vrijkomt en er bij stap 2 energie nodig is, dan is het slim om de energie van stap 1 te gebruiken. Anders moet stap 2 verwarmd worden met aardgas, net als je cv-ketel thuis.

7 Hernieuwbare grondstoffen

De gebruikte grondstoffen moeten zo veel mogelijk hernieuwbaar zijn.

Bijvoorbeeld: Het plastic polystyreen (piepschuim) wordt gemaakt van fossiele grondstoffen, maar polymelkzuur (PLA) kan gemaakt worden van bijvoorbeeld maiszetmeel. Mais is hernieuwbaar, want je kan het op korte termijn opnieuw verkrijgen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld olie.

8 Beperken van stappen

Het aantal reactiestappen moet zo veel mogelijk beperkt worden.

Bijvoorbeeld: Er gaat bij iedere stap wat energie en efficiëntie verloren, dus drie stappen is vaak efficiënter dan zes stappen, zowel in energie als in afvalproductie.

9 Katalyse

Waar mogelijk moet katalyse gebruikt worden, omdat dit voor efficiëntere processen zorgt.

Bijvoorbeeld: Je lichaam weet meer energie uit glucose te halen dan normale verbranding, omdat er heel goede katalysatoren (enzymen) voor gebruikt worden.

10 Afbreekbare producten

De producten moeten zo ontworpen worden zodat ze aan het eind van hun gebruiksperiode goed afgebroken kunnen worden.

Bijvoorbeeld: Polymelkzuur (PLA) kan worden afgebroken door het te composteren, polystyreen kan niet gecomposteerd worden en kost te veel energie om volledig te recyclen.

11 Controlerende analyse

Analysemethoden die tijdens de processen meten of gevaarlijke of vervuilende stoffen gemaakt worden moeten zo veel mogelijk worden ingezet.

Bijvoorbeeld: Als er tijdens een proces de kans bestaat dat waterstofcyanide (een erg giftig gas) vrijkomt, is het goed om tijdens dit proces een meter toe te passen die dit controleert.

12 Gevaarlijke stoffen

Stoffen die gebruikt worden moeten erop worden gekozen dat de kans op ongelukken (explosies, brand, gaslek, etc.) zo klein mogelijk is.

Bijvoorbeeld: Om grote uitbraken van gevaarlijke stoffen te voorkomen zou ervoor gekozen kunnen worden om de benodigde gevaarlijke stof ter plekke te maken, in plaats van grote hoeveelheden in opslag te hebben liggen.

LES

03

Onderzoek doen naar katalysatoren

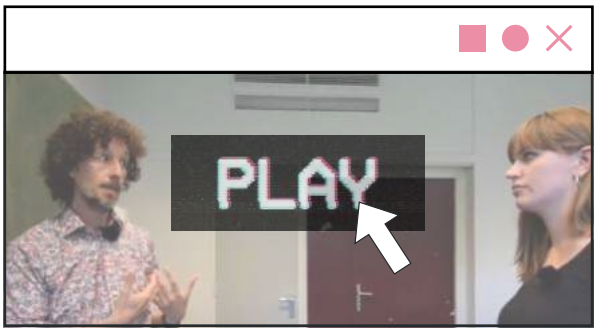
Entreeticket

Tijdens de eerste les over het onderzoek van Paolo heb je een filmpje gekeken waarin Paolo uitlegde wat de twaalf principes van de groene chemie zijn en hoe hij katalysatoren ontwerpt die de chemische industrie duurzamer moeten maken. In de derde les gaan we dieper in op hoe je een katalysator ontwerpt! Maar voor je aan de tweede les begint, moet je eerst het entreeticket invullen:

1 In de vorige les hebben we het veel over duurzaamheid gehad. Wat betekent duurzaamheid voor jou?

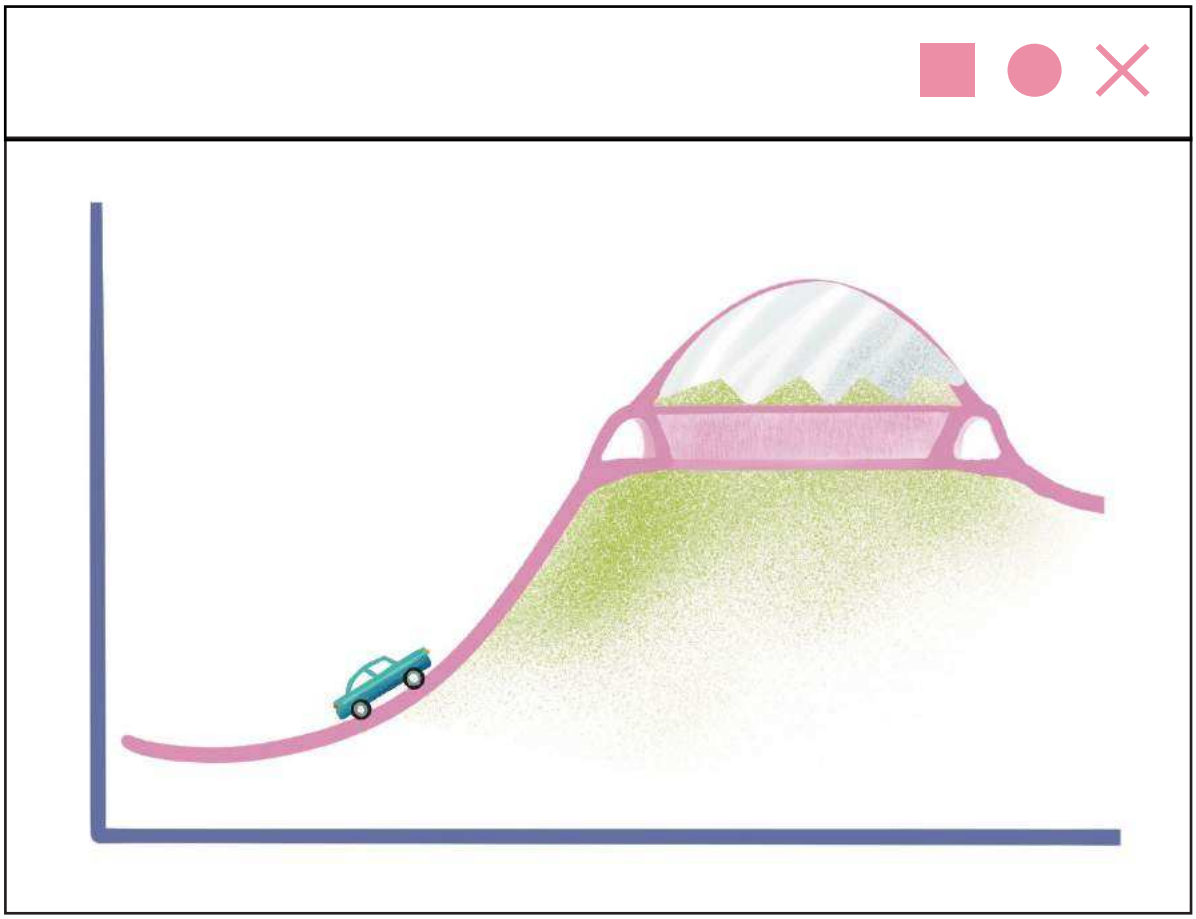
2 Paolo's onderzoek richt zich op het ontwerpen van katalysatoren. Leg kort uit wat een katalysator is.

Kijkvragen



1 Wat is volgens Paolo het verschil tussen onderzoeken doen en ontwerpen?

2 Leg aan de hand van het plaatje uit wat een katalysator doet.



3 Noem de vier ontwerpeisen voor een katalysator.

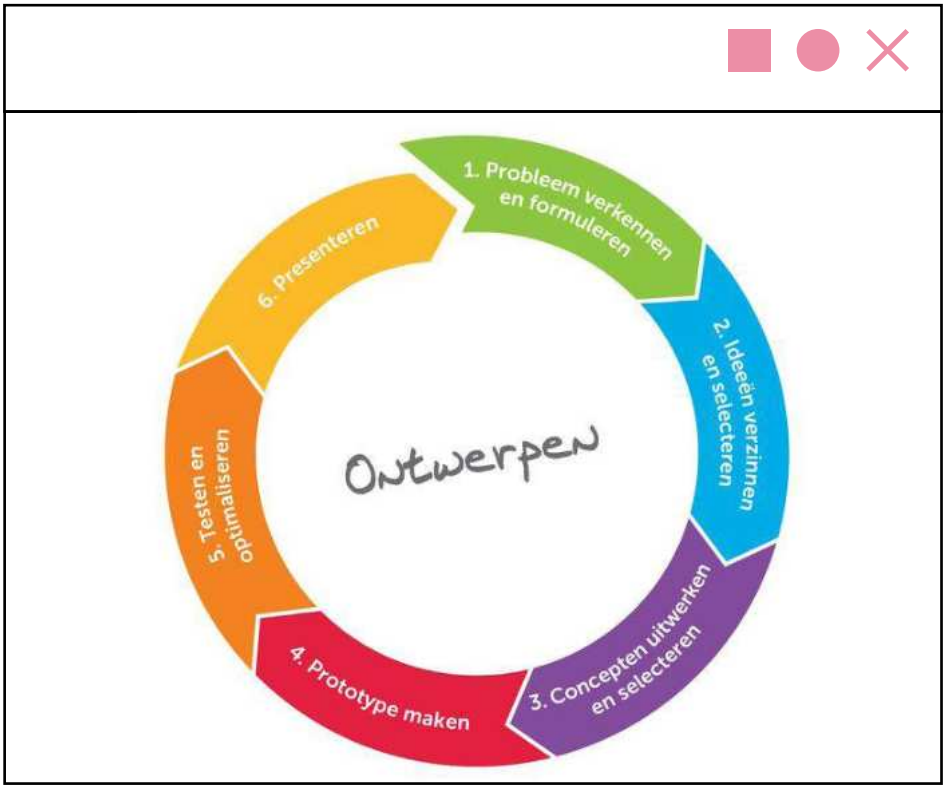
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

4 Hoe zou jij scheikunde inzetten om de wereld duurzamer te maken?

1 / Zoek de verschillen - de ontwerpcyclus en de onderzoekscyclus

Paolo's werk is erg gevarieerd. Hij doet onderzoek naar katalysatoren en hij ontwerpt ze ook! Maar wat is nou eigenlijk het verschil tussen deze processen? Hieronder staan de onderzoekscyclus en de ontwerpcyclus aangegeven. Zoals te zien is heeft de onderzoekscyclus meer stappen dan de ontwerpcyclus. Dit komt omdat stap 3 van de ontwerpcyclus stap 3 en 4 zijn van de onderzoekscyclus. Schrijf per stap op of en hoe ze verschillen.





Stap 1 ontwerpcyclus en stap 1 onderzoekscyclus

Stap 2 ontwerpcyclus en stap 2 onderzoekscyclus

Stap 3 ontwerpcyclus en stap 3 & 4 onderzoekscyclus

Stap 4 ontwerpcyclus en stap 5 onderzoekscyclus

Stap 5 ontwerpcyclus en stap 6 onderzoekscyclus

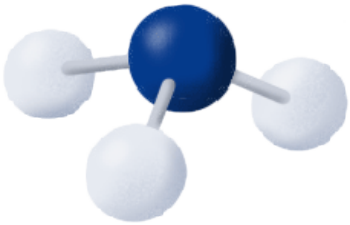
Stap 6 ontwerpcyclus en stap 7 onderzoekscyclus

Je weet nu wat katalysatoren zijn. Hieronder worden drie chemische processen genoemd waarbij er gebruik gemaakt wordt van katalysatoren. Noem bij elk verhaaltje.

a De beginstof van de chemische reactie (op plek x,y).

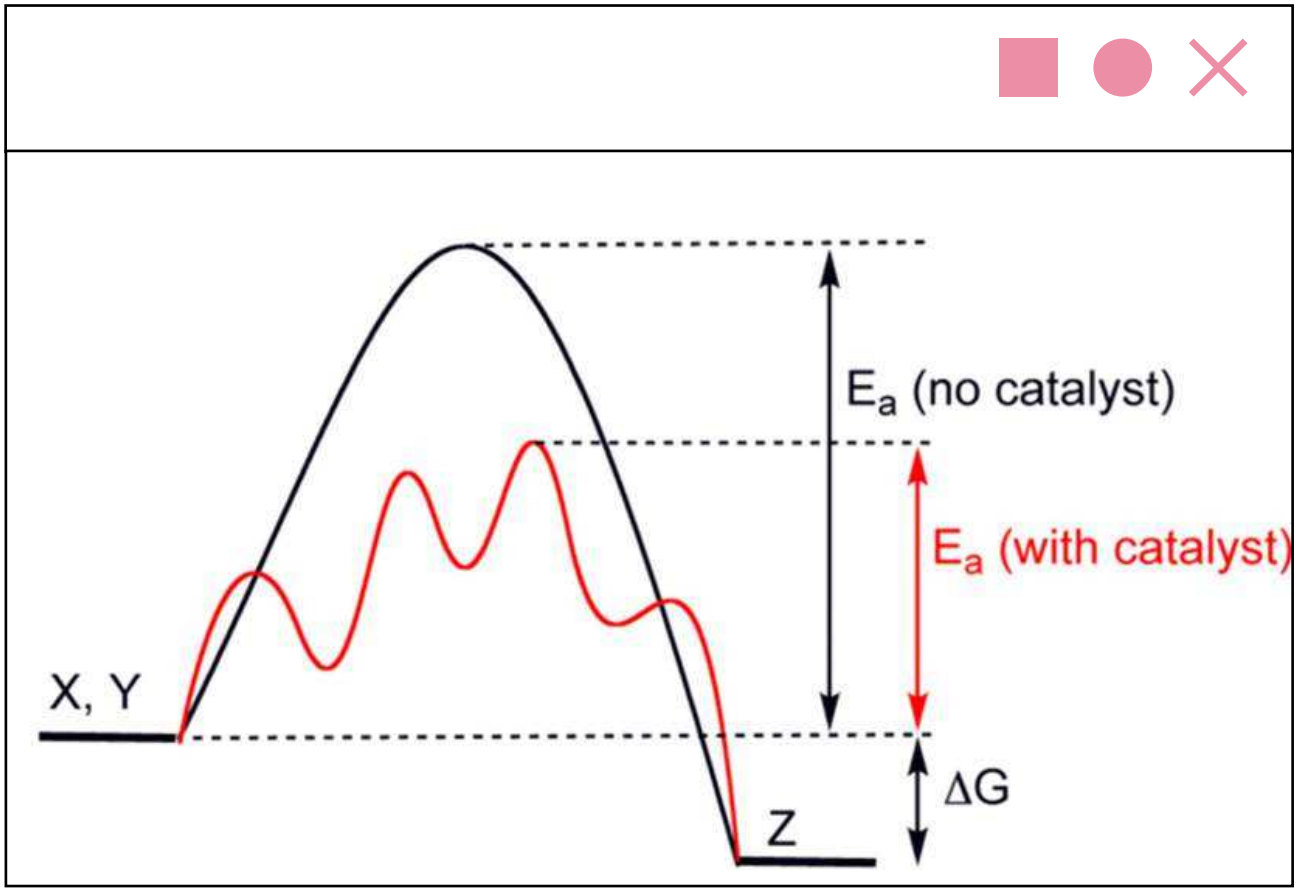
b De plek waar de katalysator bindt aan de beginstof (op plek ....).

c Het product van de chemische reactie (op plek z).



Kunstmest

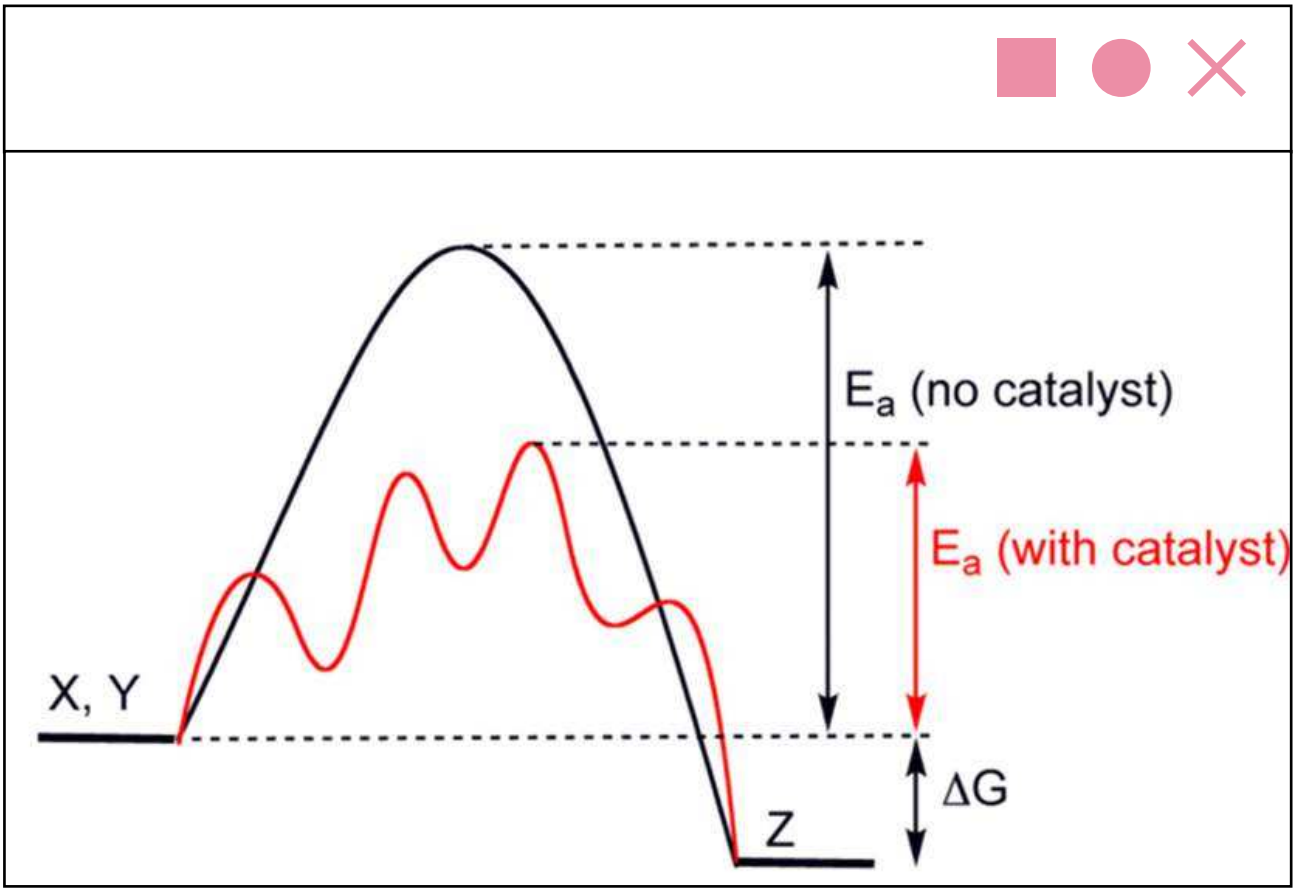
Ammoniak, NH_3, is een molecuul dat heel veel gebruikt wordt om van alles mee te maken, waaronder kunstmest. Kunstmest is essentieel om genoeg eten voor iedereen te produceren. De productie van ammoniak is dus ontzettend belangrijk! Ammoniak wordt gemaakt van waterstof en stikstof met behulp van een katalysator. De water- en stikstofmoleculen (H_2 en N_2) binden aan de katalysator en dit activeert ze om met elkaar te reageren. Het resultaat hiervan is ammoniak, NH_3, wat loskomt van de katalysator. Zo is de katalysator weer vrij voor de volgende waterstof- en stikstofmoleculen en begint het proces van voren af aan.



Grafische weergave van de benodigde reactie-energie bij het omzetten van stoffen X & Y tot product Z, waar de zwarte lijn de reactie zonder en de rode lijn de reactie met katalysator illustreert. Vul in dit schema de beginstoffen, katalysator en product van de reacties in.

Katalysatoren in het lichaam

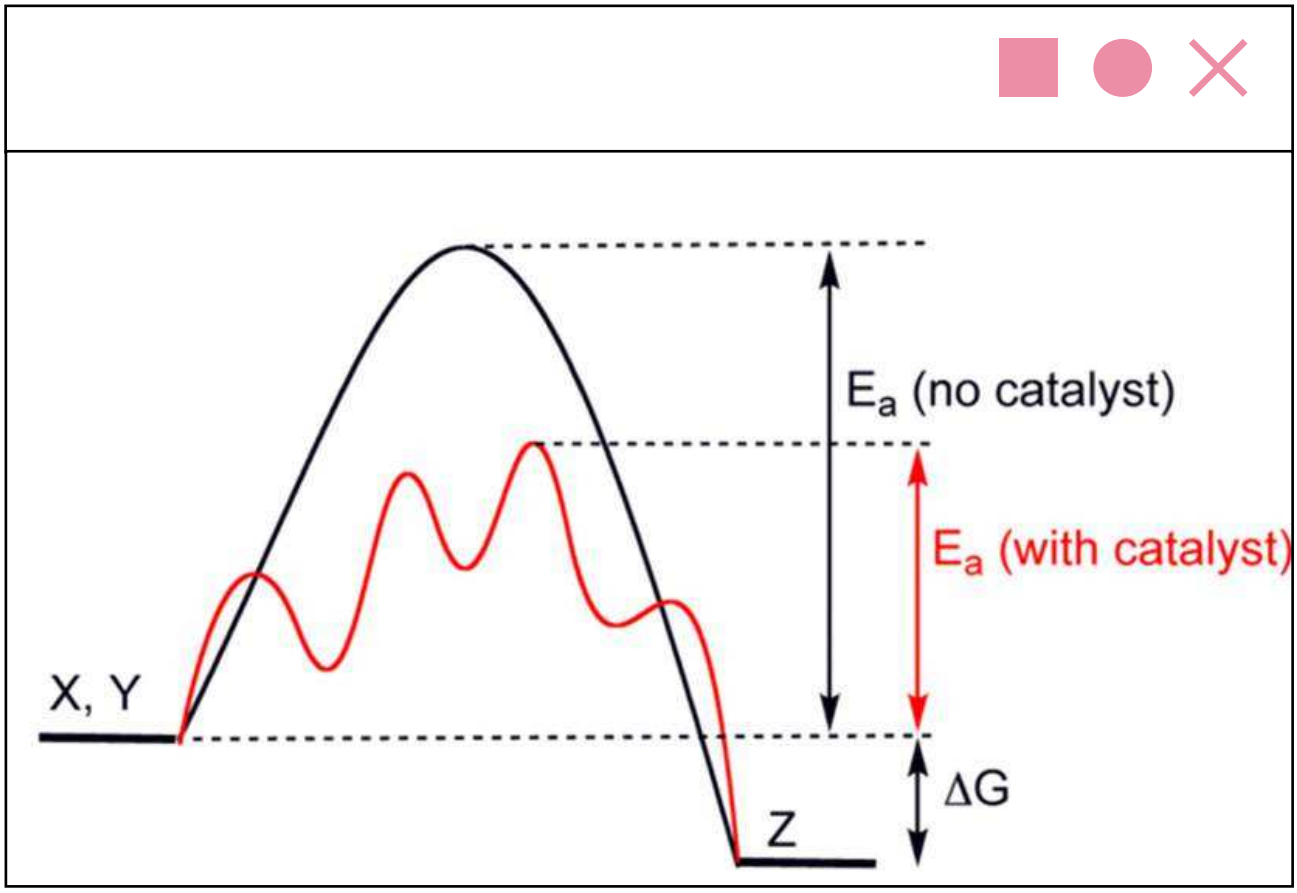
In het lichaam zitten ook katalysatoren, enzymen. Enzymen zijn eiwitten die je lichaam maakt om de processen in je lichaam zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Een voorbeeld hiervan is de verbranding van glucose. Door het gebruik van enzymen kan de energie die opgeslagen zit in suikermoleculen heel efficiënt omgezet worden tot energie die je lichaam kan gebruiken, in de stof ATP. De stoffen die hierbij vrijkomen bestaan voornamelijk uit CO_2 en dit adem je dan uit!



Grafische weergave van de benodigde reactie-energie bij het omzetten van stoffen X & Y tot product Z, waar de zwarte lijn de reactie zonder en de rode lijn de reactie met katalysator illustreert. Vul in dit schema de beginstoffen, katalysator en product van de reacties in.

Autokatalysatoren

Een ander voorbeeld is de katalysator in een auto. Bij de verbranding van brandstof in een auto komen erg veel schadelijke gassen vrij, veel schadelijker nog dan CO_2, zoals NO_x gassen, die onder andere zorgen voor smog en zure regen. In moderne auto's worden de uitlaatgassen van de verbranding over een katalysator geleid. Deze katalysator zet deze gevaarlijke gassen om in minder schadelijke uitstoot, zoals H_2O, N_2 en CO_2.



Grafische weergave van de benodigde reactie-energie bij het omzetten van stoffen X & Y tot product Z, waar de zwarte lijn de reactie zonder en de rode lijn de reactie met katalysator illustreert. Vul in dit schema de beginstoffen, katalysator en product van de reacties in.

a In de video heeft Paolo vier ontwerpeisen beschreven. Zet de juiste ontwerpeis bij de juiste beschrijving (activiteit, selectiviteit, omzettingsgetal en prijs) met de juiste beschrijving:

i. Paolo vraagt aan zijn collega of een bepaalde katalysator niet te veel afval en te weinig product vormt. _____

ii. Een bedrijf dat nu een katalysator gebruikt die gebaseerd is op goud, vraagt aan Paolo om een alternatief te ontwikkelen, omdat goud zo duur is. _____

iii. Met een innovatieve doorbraak heeft Paolo een katalysator ontwikkeld die tien keer meer startmateriaal omzet per seconde dan de oude katalysator. _____

iv. Er is net een nieuwe katalysator op de markt, maar Paolo is niet erg onder de indruk, omdat hij al na heel weinig reacties kapot gaat. _____

b Hieronder zie je de reactievergelijking van het Haber-Boschproces. Dit proces is de industriële standaard voor de productie van ammoniak, een stof die erg veel gebruikt wordt om andere producten te maken, waaronder kunstmest.

Om de beste katalysator te vinden voor dit proces zijn verschillende metalen, ijzer, osmium en uranium, getest op drie ontwerpeisen. Je vindt de resultaten van de testen en de prijs van de katalysatoren in de tabel hieronder. Welke zou jij kiezen? Waarom? Neem in je antwoord de ontwerpeisen van katalysatoren mee.

	IJzer (Fe)	Osmium (Os)	Uranium (U)
Activiteit (S_{-1})	10,000	12,000	11,000
Selectiviteit (%)	94	93	91
Omzettingsgetal (# reacties, mol)	100,000,000	75,000,000	110,000,000
Prijs (€/kg)	1	290,000	225,000

c Je hebt zojuist de resultaten van een test geëvalueerd. Dit is een belangrijk deel van Paolo's werk! Past het evalueren van testresultaten beter bij de onderzoekscyclus of de ontwerpcyclus? Bij welke stap sluit het het beste aan? Zie vraag 3.1 voor een overzicht van de beide cycli.

4 / Onderzoeken x ontwerpen

a In het filmpje heeft Paolo uitgelegd wat het verschil is tussen een onderzoeks- en een ontwerpvraag. Als je het niet meer weet, kijk dan terug bij de kijkvragen! In de tabel hieronder staan enkele voorbeelden van onderzoeks- en ontwerpvragen. Bepaal per vraag of het een onderzoeks- of een ontwerpvraag is.]

	Onderzoeksvraag	Ontwerpvraag
Hoe kan een plant optimaal CO_2 opnemen?		
Wat is de afgelopen tien jaar de invloed van CO_2-uitstoot op de klimaatverandering geweest?		
Hoe breekt de lever alcohol af?		
Hoe kan je de leverenzymen alcohol laten afbreken?		

b Paolo heeft je gevraagd om mee te helpen met het onderzoek over koolstoffixatie, waarbij hij CO_2 omzet in nuttige stoffen! Hij heeft een aantal vragen bedacht en hij wil weten of dit goede onderzoeks- of ontwerpvragen zijn! Geef hieronder aan of dit goede onderzoeksvragen zijn. Gebruik hiervoor de hulpkaart Onderzoeksvraag opstellen.

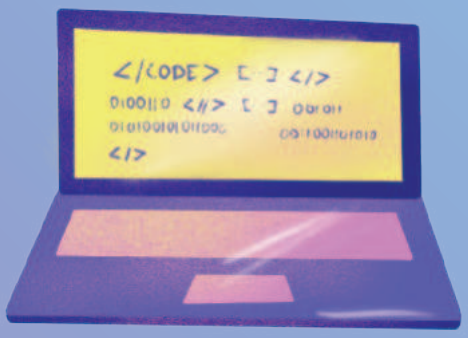
- Hoe zetten planten CO_2 om in energie? _____
- Is katalysator A een betere katalysator dan katalysator B? _____
- Verbetert het aan elkaar zetten van mijn metaalmoleculen de stabiliteit van mijn katalysator? _____

c Bedenk bij een van de onderzoeksvragen uit 4a drie deelvragen. Gebruik hiervoor de hulpkaart Deelvragen maken.

rijksuniversiteit
groningen







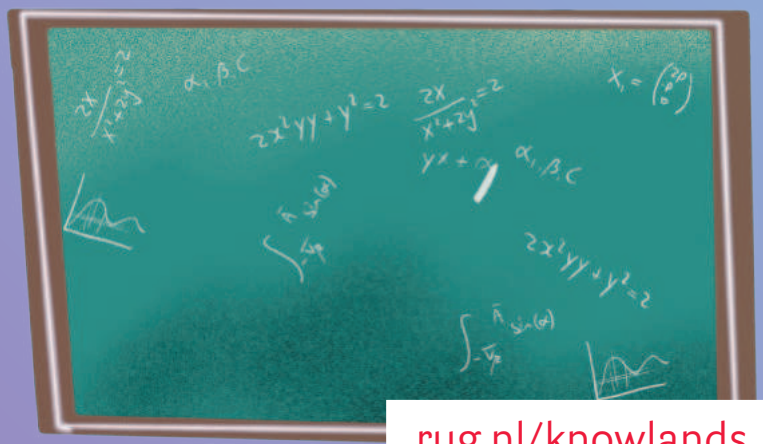












rug.nl/knowlands