

VDV onderzoek Herkansing – Diagnostische vragen over DNA

Naam: Jennis Groen

Studentnummer: 2634562

Vakdidacticus: Michiel Dam

Onderzoeker: Els Goetschalckx

Samenvatting

Misconcepten zijn een hardnekkig fenomeen wat je als docent maar blijft tegenkomen. Het zijn persistente foutieve denkbeelden die leerlingen hebben waar docenten hun best voor doen om die de wereld uit te helpen (Michael, 2002). Maar leerlingen komen met hun eigen voorkennis het lokaal binnen en het kan het lastig zijn om deze misconcepten te verhelpen.

En zo is het thema DNA in het biologie onderwijs een thema dat veel van deze misconcepten bevat. Termen zijn lastig uit elkaar te houden en de stof is voor leerlingen erg abstract (Bahar et al., 1999). Dit kan ervoor zorgen dat er misconcepten ontstaan en/of niet verholpen worden.

Bijvoorbeeld dat elke cel aangepast DNA heeft op basis van de functie van de cel.

Diagnostische vragen kunnen een hulpmiddel zijn om misconcepten aan te stippen en te verhelpen (*Wat Is Een Diagnostische Vraag? – DiagnostischeVragen.NL*, n.d.). Het zijn gesloten vragen waar maar één antwoord goed is en het niet mogelijk is om op het goede antwoord te komen door middel van een foutief denkbeeld. Een goed opgestelde diagnostische vraag neemt mogelijke foute redeneringen van de leerlingen in acht en anticipeert hierop door deze antwoorden beschikbaar te stellen als mogelijkheid. Hierdoor heeft de docent snel inzicht op het denken van de leerling zonder verdere uitleg van de leerling en kan zijn handelen erop aanpassen.

In dit onderzoek zijn twee diagnostische vragen opgesteld en getest in de praktijk. Hieruit blijkt dat het voor in ieder geval één vraag voordelig was om deze uitdrukkelijk te benoemen in de uitleg. Het aantal goede antwoorden is na de uitleg erg omhoog gegaan voor die vraag.

Inleiding

Aanleiding van het onderzoek

Als docent is het belangrijk dat ik ervoor zorg dat aan het eind van een periode de leerlingen klaar zijn om de toets te maken en dat ze iets van het thema hebben opgestoken. Dit wordt vaak gedaan door in de lessen nieuwe stof uit te leggen op de manier waarvan de docent denkt dat het beste is. Maar het kan dan zijn dat er uit de toets toch lage cijfers komen. Er is dan ergens in de periode iets misgegaan waardoor de leerlingen zijn afgehaakt, het niet meer snapt en of verkeerde kennisschema's hebben gevormd. Een reden kan zijn dat gedurende de periode de leerlingen niet goed begeleid en ondersteund zijn en hebben niet genoeg inzicht gekregen in hun eigen leren (van Silfhout, 2020). Ik vind dat je als docent hier eerder bij moet zijn en moet proberen om dit te voorkomen. Dit kan door formatief handelen, zodat het leerproces gedurende de periode begeleid wordt. Een manier van dit doen is door regelmatig laagdrempelig vragen te stellen en te toetsen hoe leerlingen over nieuwe en moeilijke concepten denken om na te gaan of er misconcepten zijn ontstaan bij de leerlingen. In dit onderzoek ga ik dan ook door middel van diagnostische vragen toetsen hoe leerlingen denken en onderzoeken of op deze manier misconcepten verholpen kunnen worden. Dit ga ik doen door dezelfde vraag voor en na de uitleg te toetsen en de scores te vergelijken.

Theoretisch kader

Voor dit onderzoek is het belangrijk dat er een paar termen even goed afgebakend worden om onduidelijkheden te voorkomen.

Tijdens dit onderzoek probeer ik twee misconcepten die onder leerlingen bestaan te benoemen en de goede redenering aan te leren. Een misconception is een foutief denkbeeld dat leerlingen hebben over vakinhoud en dit foutieve denkbeeld is erg persistent (Michael, 2002). Daarom kan het een groot voordeel hebben om misconcepten expliciet te benoemen in de les en formatief te testen en te verhelpen.

De misconcepten worden door een manier van formatief handelen bespreekbaar gemaakt. Onder formatief handelen verstaan we de activiteiten die de docent en/of leerlingen ondernemen om informatie te krijgen dat als feedback gebruikt kan worden om het handelen van de docent en de leeractiviteiten aan te passen, deze definitie is volgens Black & Wiliam (1998).

De manier van formatief handelen dat in dit onderzoek wordt gebruikt zijn diagnostische vragen (DV). Een diagnostische vraag is een vraag die formatief gesteld wordt aan de leerling. De vraag behandelt één misconception, is snel te beantwoorden, is gesloten en kan niet door een verkeerde strategie goed beantwoord worden (*Wat Is Een Diagnostische Vraag? – DiagnostischeVragen.NL*, n.d.). Een diagnostische vraag biedt zowel de leerling als docent inzicht op het leren van de leerlingen en aan de hand hiervan kunnen bewuste vervolgstappen worden gemaakt. Ook moeten de diagnostische vragen in dit onderzoek voldoen aan de vijf regels van Barton (2020):

1. Diagnostische vragen moeten duidelijk en ondubbelzinnig zijn.
2. Diagnostische vragen moeten één enkele vaardigheid of één enkel begrip onderzoeken.
3. Leerlingen moeten binnen 10 seconden antwoord kunnen geven.
4. Van elk onjuist antwoord moet je iets kunnen opsteken zonder dat de leerling het nader hoeft toe te lichten.
5. Het moet niet mogelijk zijn om op het juiste antwoord uit te komen met behulp van een misvatting.

In de lessen van belang zal ik dezelfde vraag twee keer afnemen, eens aan het begin en eens aan het eind van de les. Tijdens de les geef ik de uitleg waarin de desbetreffende stof behandel en de misconcepten aankaart. Voorafgaand aan de les is de stof dus nog niet bekend bij de leerlingen. Ondanks dat de leerlingen de stof nog niet hebben gehad, kan het een voordeel hebben om de vraag te stellen. Dit wordt volgens Barton (2020) genoemd als pretesteffect. De leerlingen zijn beter in staat om nieuwe stof te begrijpen en onthouden omdat het langetermijngeheugen geactiveerd is om nieuwe kennis op te doen.

Dit onderzoek maakt deel uit van een groter onderzoek van het NVON, NVvW en ICLON naar diagnostische vragen in de bètavakken (Dam & Faes, 2024). Er is al een verzameling van vragen te vinden op de website www.diagnostischevragen.nl voor de schoolvakken biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde. Onder het schoolvak biologie staan al veel vragen over veel onderwerpen. Tijdens de onderzoeksperiode staat het thema DNA op de planning voor de vwo 5 klas waarbij ik de vragen ga stellen. Maar voor het onderwerp DNA zijn er nog geen diagnostische vragen op de website, dus zal ik in dit onderzoek zelf twee vragen ontwerpen. Deze vragen moeten voldoen aan de bovenstaande ontwerpcriteria van Barton (2020). En doorlopen beide vragen een onderzoekronde zoals beschreven volgens instructie van het ICLON (zie Bijlagen, Verloop van het onderzoek). In dit onderzoek begin ik dus bij stap 1; het lezen van literatuur over de leerproblemen en misconcepten over DNA.

Doel

Mijn doel is om twee diagnostische vragen te ontwerpen volgens de vijf bovenstaande regels, te testen en te toetsen en eventueel bij te stellen. Dit ga ik doen door van meerdere hoeken feedback te vragen (vakcoach, vakdidacticus, leerlingen). In elke vraag toets ik één misconception

of leermoeilijkheid om deze bij de leerlingen te benoemen zodat ze hun kennisschema bij kunnen stellen als deze verkeerd was.

Als mijn twee ontworpen vragen blijken effectief te zijn in het verhelpen van de misvattingen, hoop ik dat deze vragen ook gebruikt kunnen worden door andere docenten.

Verder is het ook een doel van mij om me te verdiepen in het laagdrempelig inzetten van formatief handelen op deze manier. Zodat ik dit wellicht kan blijven voortzetten in mijn verdere lesgeven.

Onderzoeksvragen

- Wat zijn mogelijke diagnostische vragen voor het thema DNA die effectief misconcepten opsporen?
 - o Zijn de gekozen misconcepten relevant voor deze klas?
- Kan het benoemen van een misconcept tijdens de uitleg, dit misconcept verhelpen en zo het denkbeeld van leerlingen aanpassen?

Methode

Stap 1: Ontwerpen

1. Om een vraag te verzinnen, moet ik eerst weten welke misconcepten er zijn over het onderwerp DNA. Ik ga me vooral focussen op de onderwerpen die te maken hebben met de stof die behandeld wordt tijdens de lessen. Dit zijn onderwerpen zoals DNA-replicatie, transcriptie, translatie en mutaties. En onderwerpen zoals erfelijkheid laat ik achterwege omdat dit niet aan bod komt in dit thema. Ik verdiep me in de literatuur die al beschikbaar is over misconcepten in het algemeen en misconcepten over DNA.
2. Ik ga met mijn vakcoach, collega's en medestudenten in gesprek over welke misvattingen zij kennen wat betreft dit onderwerp en noteer deze. Ook bespreek ik welke misconcepten ik heb gevonden en vraag of ze het hiermee eens zijn.
3. Vervolgens kies ik één misconcept en verzin hier een vraag bij die voldoet aan de ontwerpcriteria voor een diagnostische vraag volgens Barton (2020).
4. Deze vraag bespreek ik dan weer met mijn vakcoach/collega's/medestudenten. Op basis van hun gedachtegangen kan ik de vraag bijstellen.
5. Stappen 3 & 4 herhaal ik ook voor een tweede vraag.

Stap 2: Testen

De bedoeling van deze stap is om te kijken hoe de leerlingen op hun antwoord komen.

Ik neem de vraag af in één klas in twee stappen. Ik geef de vraag op papier als meerkeuze vraag met vier antwoorden en ik vraag aan de leerlingen om op te schrijven waarom ze dit antwoord hebben gekozen en de andere antwoorden niet.

Op basis van de antwoorden die de leerlingen geven, kan ik de vraag zo nodig bijstellen.

Als meer dan 35% van de leerlingen (6 van de 18 leerlingen uit de klas) de vraag niet goed heeft beantwoord, dan weet ik dat ik de vraag nog kan bijstellen. Een niet goed antwoord kan er als volgt uitzien:

- De leerling heeft aangegeven dat ze de vraag niet snapt.
- De leerling heeft weliswaar het goede antwoord gegeven, maar heeft een foute uitleg gegeven.

Een fout antwoord omdat ze de stof nog niet snappen, reken ik niet tot een niet goed antwoord. Dan is er nog een gebrek aan kennis, maar betekent niet dat ze vraag slecht verwoord is.

Stap 3: Interventie

Nu ik de vraag twee keer heb getest (door collega's en door leerlingen), ga ik de uiteindelijke vraag testen in een les. Ik bedenken een lesplan waarin ik de vraag helemaal aan het begin van de les en helemaal aan het eind van de les laat maken. De leerlingen maken de vraag op een uitgedeeld vel papier. Hierop staat de DV en wordt er gevraagd om hun toelichting.

Tijdens de les, haal ik tijdens mijn klassikale uitleg het misconception naar voren en benoem de goede redenering. Aan het einde van de les neem ik dezelfde vraag nog een keer af. Na het beantwoorden van de vraag aan het eind van de les, bespreek ik ook gelijk het goede antwoord om negatieve effecten van de foute antwoorden te verminderen (Barton, 2020)

Voorafgaand aan de les heb ik bedacht wat ik ga doen bij welke scores. Namelijk:

Als meer dan 3 van de 18 leerlingen het antwoord fout heeft omdat ze er via een ander misconception komen, dan weet ik dat ik de vraag nog wat kan aanpassen en het nog een keer kan bevragen in een volgende les.

Als meer dan 4 van de 18 leerlingen de vraag fout heeft omdat ze het misconception als waarheid zien, weet ik dat ik dit nog even in een volgende les goed moet benoemen en er eventueel nog een lesonderdeel of werkvorm aan moet besteden.

Als de scores onder de bepaalde waardes zijn, neem ik aan dat de vraag goed is ontworpen en dat de meeste leerlingen hun denkschema goed hebben en ik verder kan met de stof.

Stap 4: Effectiviteit

De effectiviteit van de vragen ga ik testen door resultaten vanuit meerdere plekken te verwerken. Ik verwacht resultaten/feedback te krijgen vanuit:

1. Gemaakte diagnostische vragen door de leerlingen met onderbouwing
2. Feedback van leerlingen over hoe zij de vragen ervaren
3. Lesobservaties

Deze resultaten ga ik verwerken en scoren zodat ik er een conclusie uit kan trekken.

1. Gemaakte diagnostische vragen door de leerlingen met onderbouwing.

Ik deel de vraag uit op papier. De leerlingen geven antwoord op de vraag. Er is nog een vervolgvraag waarin de leerlingen moeten uitleggen waarom elk antwoord goed/fout is. Ik neem de gemaakte vragen weer in. Nadat ik de vraag heb gesteld in de klas, ga ik deze nakijken. Ik tel hoe vaak de vraag goed/fout is gemaakt en kijk naar de uitleg die leerlingen geven. Op basis hiervan kan ik de vraag eventueel nog bijstellen zodat de verwoording dusdanig duidelijk is dat de vraag en antwoorden maar op één manier geïnterpreteerd kunnen worden. Ik stel de vraag bij als de scores hoger zijn dan dat ik in stap die had voorgenomen.

2. Feedback van leerlingen over hoe zij de vragen ervaren.

Na de afname van de vraag, vraag ik verbaal hoe ze de vraag ervaren en ik vraag door waarom ze dit vinden. Dit noteer ik.

3. Lesobservaties

Ik noteer interessante opmerkingen van leerlingen of lesobservaties. Hiermee kan ik reflecteren op de les en nadenken over hoe zo'n zelfde les in de toekomst eventueel anders aangepakt kan worden. Zo luister ik naar wat de leerlingen zeggen tegen mij en tegen elkaar over de stof waarmee we bezig zijn. Ik neem de DV aan het einde van de les (na het invullen) nog door en vraag verbaal aan een aantal leerlingen wat ze dachten, dit bij het goede antwoord en het foute antwoord. Ik ga letten op de houding van de leerlingen in de les (vinden ze dit onderwerp lastig, makkelijk, saai,...).

Deelnemers

Ik ga de vragen afnemen in een vwo 5 klas met 18 leerlingen, omdat ik deze het vaakst zie. Ik betrek ze bij het onderzoek door verbaal feedback aan ze te vragen en dit te noteren.

Resultaten

Stap 1: Ontwerpen

Ik heb me verdiept in de literatuur over misconcepten in de biologie, specifiek filterend op DNA en genetica.

Uit onderzoek blijkt dat het thema genetica één van de lastigste onderwerpen is in het biologie onderwijs (Bahar et al., 1999) Zo ook de onderwerpen genetische modificatie, genexpressie en genen en allelen. Dit zijn allemaal onderwerpen die terug komen in het thema DNA.

Leerlingen blijken ook abstracte onderwerpen, zoals DNA, erg lastig te vinden (Knippels et al., 2005). DNA kan ook een lastig onderwerp zijn omdat het thema heel veel nieuwe begrippen heeft en de leerlingen deze door elkaar kunnen halen (Bahar et al., 1999). Bij het thema kan dan gedacht worden aan het verschil tussen DNA en RNA of het verschil tussen de processen DNA-replicatie, transcriptie en translatie.

In de biologie hangen veel onderwerpen met elkaar samen, zo ook DNA en genetica. Het onderwijzen hoe DNA de functie van de cel beïnvloed, kan de leerling helpen om beter te redeneren waarom genetische eigenschappen zich uiten op manier waarop het gebeurt. Uit onderzoek blijkt namelijk ook dat leerlingen nog moeite hebben met systeemdenken; het kunnen redeneren tussen verschillende biologische organisatieniveaus. Leerlingen hebben gefragmenteerde kennis en zien de samenhang tussen biologische concepten niet (Machová & Ehler, 2021). Het bespreken en verhelpen van misconcepten over DNA kan dan ook voordelig zijn voor als er op een later moment bepaalde termen terugkomen tijdens het onderwerp genetica.

Ik ben samen met mijn vakcoach en medestudenten in gesprek gegaan over welk misconcepten zij kenden over dit onderwerp.

Ik heb de volgende leermoeilijkheden/misconcepten gevonden uit de kennisbank (Kennisbank leerlingdenkbeelden, preconcepten, misconcepten in de biologie), uit literatuur of gehaald uit een gesprek over misvattingen met mijn vakcoach:

- DNA in verschillende lichaamscellen verschilt (Lewis et al., 2000).
- Mutaties zijn altijd nadelig.
- 3' en 5' kant van een DNA-keten is moeilijk te onderscheiden.
- Eén gen codeert voor één eigenschap.
- Bij DNA-replicatie worden er eiwitten gemaakt.
- DNA-replicatie is hetzelfde als DNA-transcriptie.
- Transcriptie en translatie is hetzelfde/moeilijk te onderscheiden.

Ik heb besloten om over de eerste twee misconcepten een diagnostische vraag te ontwerpen.

Diagnostische Vragen:

1. Spiercellen en huidcellen in het menselijk lichaam verschillen. Welke uitspraak hierover is juist?
 - a. Ze bevatten verschillend DNA, aangepast aan hun specifieke functie.
 - b. Ze bevatten hetzelfde DNA, maar er zijn verschillende genen actief.
 - c. Spiercellen hebben een moeilijkere functie, dus spiercellen hebben meer DNA dan huidcellen
 - d. Elke cel specialiseert zich door het onnodige DNA af te breken.

2. Welke uitspraak over mutaties is juist?
 - a. Mutaties zijn altijd nadelig voor een organisme.
 - b. Mutaties zorgen ervoor dat een organisme zich sneller evolueert
 - c. Mutaties kunnen nadelig, neutraal of voordelig zijn.
 - d. Mutaties komen altijd tot uiting in een organisme.

Stap 2: Testen

Ik heb beide vragen aan het einde van een les afgenomen op papier. Bij deze les waren 16 leerlingen aanwezig.

Diagnostische vraag 1 (DV1) is door 3 leerlingen niet goed gemaakt, 2 hadden aangegeven dat ze de vraag niet snapt en 1 had het antwoord goed met verkeerde uitleg. Dat is 18,75% en valt nog onder de eerder voorgenomen 35%. De vraag hoeft niet aangepast te worden voor de volgende stap.

Diagnostische vraag 2 (DV2) is door 4 leerlingen niet goed gemaakt, 2 leerlingen gaven aan dat ze de vraag niet snapt en 2 hadden het antwoord goed met de verkeerde uitleg. Dat is 25% en ligt dus ook onder de eerder voorgenomen 35%. De vraag hoeft niet aangepast te worden voor de volgende stap.

Stap 3: Interventie

Diagnostische vraag 1. Spiercellen vs. Huidcellen

Ik heb een lesplan en presentatie gemaakt voor de les waarin ik DV1 stel aan het begin en aan het einde van de les (zie Bijlagen, Les DV 1. Spiercellen vs. Huidcellen).

Diagnostische vraag 2. Mutaties

Ik heb een lesplan en presentatie gemaakt voor de les waarin ik DV2 stel aan het begin en aan het einde van de les (zie Bijlagen, Les DV 2. Mutaties).

Stap 4: Effectiviteit

Diagnostische vraag 1. Spiercellen vs. Huidcellen

Ik heb de vraag twee keer in 1 les afgenomen op papier. Eén keer voor de uitleg en één keer na de uitleg. Voor de data van de afname van de vraag zie figuur 1 vóór de uitleg en figuur 2 voor de data na de uitleg. Tijdens deze les waren er 16 leerlingen aanwezig die de vraag hebben afgenomen.

Voor de uitleg hadden alle leerlingen het goede antwoord gegeven op de vraag, iedereen had antwoord B gegeven (figuur 1). En 14 van de 16 leerlingen hadden ook de goede uitleg erbij geschreven. Echter, 2 van de 16 leerlingen hadden wel B opgeschreven, maar hierbij een foute uitleg benoemd.

Aan het eind van de les is de vraag nog een keer afgenomen op papier en weer bij mij ingeleverd (figuur 2). Na de uitleg hadden 14 van de 16 het goede antwoord met goede uitleg opgeschreven. En 2 van de 16 hadden een fout antwoord gegeven met hierbij een foute uitleg.

Diagnostische vraag 2. Mutaties

Ik heb de vraag twee keer in 1 les afgenomen op papier. Eén keer voor de uitleg en één keer na de uitleg. Voor de data van de afname van de vraag zie figuur 3 vóór de uitleg en figuur 4 voor de data na de uitleg. Tijdens deze les waren er 16 leerlingen aanwezig die de vraag hebben afgenomen.

Voor de uitleg hadden 6 van de 16 leerlingen het goede antwoord C ingevuld en een goede uitleg gegeven (figuur 3). En één van de 16 leerlingen had ook het goede antwoord maar een foute uitleg erbij geschreven. Dus in totaal was er 7 keer het goede antwoord benoemd. Echter, 9 van de 16 leerlingen hadden het antwoord (deels) fout. Namelijk 7 leerlingen hadden zowel B als C aangegeven als juist antwoord, hierin is nog onderscheid te maken tussen een goede uitleg en een foute uitleg. Er zijn maar twee leerlingen die niet antwoord C hadden aangekruist.

Aan het eind van de les is de vraag nog een keer afgenomen en ingeleverd bij mij (figuur 4). Tijdens deze afname hadden 15 van de 16 leerlingen antwoord C gekozen. Hiervan hadden 14 leerlingen een goede uitleg. Slechts één leerling heeft een ander antwoord gegeven dan antwoord C.

Feedback van leerlingen en observaties

Leerlingen hebben aangegeven dat de vragen goed aansloten bij de uitleg en dat ze de vragen goed verwoord vonden.

Ook vonden ze het prettig om een vraag te maken om voor henzelf te testen of ze de vraag snaptten. Wel gaven ze aan dat ze het lastig vonden om de redeneren waarom ze een antwoord goed of fout vonden. Een aantal leerlingen waren snel geneigd om dingen zoals “Omdat het zo is” of “Want de rest is fout” op te schrijven.

Tijdens de uitleg van beide lessen deden de leerlingen leuk mee met de uitleg en de bijbehorende opdrachten. Ze gaven input, stelden vragen en beantwoordden mijn vragen.

Conclusie

In dit onderzoek heb ik twee diagnostische vragen ontworpen aan de hand van de ontwerpregels van Barton (2020) en deze vragen aan een V5 klas gesteld vóór en na een uitleg waarin het misconception wat getoetst werd in de DV terugkwam. Dit om te kijken of de uitleg zou helpen met het verhelpen van het misconception.

Bij het misconception dat DNA verschilt per celtype is het aantal goede antwoorden met twee achteruit gegaan nadat de uitleg was gegeven. Voor de uitleg hadden wel twee leerlingen het antwoord goed, maar niet met een goede uitleg kunnen verklaren.

Bij het misconception dat mutaties altijd nadelig zijn is het aantal goede antwoorden met zeven toegenomen en uiteindelijk had maar één leerling het fout en had één leerling een foutieve uitleg bij het goede antwoord. Dus voor dit misconception heeft de uitleg zeker toegevoegde waarde gehad.

Dus voor beide vragen zijn de resultaten onder de drempelwaarde gebleven die van tevoren bedacht waren. Een verdere interventie was dus niet van toepassing en ik kan verder gaan met de volgende nieuwe stof.

Ik heb een aantal misconcepten uit literatuur gehaald, maar ook uit gesprekken met mijn vakcoach en collega's. Hierbij ben ik me bewust geworden dat leerlingen met hun eigen ideeën en overtuigingen de klas in komen en dat dit soms tegenstrijdig kan zijn met de biologische waarheid, zoals mutaties worden gezien als ‘foutjes’ en dus zijn negatief. Ook ben ik me bewust geworden dat ik niet alle mogelijke misconcepten van DNA heb genoemd en dat docenten lerende blijven over hoe leerlingen aan hun denkschema's komen.

Het geteste misconception over de verschillende celtypes was erg goed gemaakt en was misschien niet geschikt geweest voor deze klas, aangezien deze zeer goed gemaakt is.

Het misconception over mutaties was voor de les niet goed gemaakt en na de uitleg veel verbeterd, dit was een misconception waarmee de leerlingen het lokaal binnen kwamen en gelukkig niet mee naar buiten namen. Deze was dan naar mijn mening goed op niveau voor deze vwo 5 klas.

De vragen werden door leerlingen als prettig ervaren, dit is dan ook iets om voort te zetten in mijn docentschap.

Discussie

Tijdens stap 1 ben ik veel de literatuur ingedoken. Ik heb mijn zoekopdrachten eerst beperkt tot DNA, maar later ook literatuur gezocht over misconcepten bij het onderwerp genetica. Dit omdat de grens tussen de twee onderwerp niet strak is en er veel overlap is.

Het is opmerkelijk dat bij het misconception van DV 1, voor de les iedereen het antwoord goed had en na de les er twee leerlingen waren die het antwoord fout hadden. Het zou kunnen dat dit wel de twee leerlingen waren die voor de les het goede antwoord hadden gekozen maar het niet goed konden verantwoorden. Omdat deze vraag zo goed is gemaakt, vraag ik me af of deze vraag wel geschikt was voor een 5 vwo klas, wellicht dat dit misconception een grotere rol speelt in een vwo 4 klas of een ander jonger leerjaar. Ik had achteraf misschien een diagnostische vraag kunnen verzinnen over het verschil tussen de 3' en 5'-richting van een DNA-streng, aangezien ze dit vrijwel het gehele thema lastig hebben gevonden.

Alhoewel de diagnostische vraag over mutaties na de uitleg aanzienlijk beter is gemaakt dan ervoor, vraag ik me toch af of alle antwoordmogelijkheden passend zijn. En dan bedoel ik specifiek antwoord B; Mutaties zorgen ervoor dat een organisme sneller evolueert. Omdat dit ook als zijn eigen misconception kan worden gezien, namelijk een organisme evolueert niet, maar een soort wel. Eén leerling benoemt dit heel goed in zijn/haar antwoord (zie Bijlagen, Uitkomst Diagnostische vraag 2. Mutaties, Figuur 3).

Ik heb nu het goede antwoord voor beide vragen pas aan het eind van de les verteld omdat ik wilde dat ze uit de les het goede antwoord konden halen, aangezien ik het hier ook in vertelde maar niet expliciet benoemde dat dit het goede antwoord op de vraag was. Ik vraag me af of als ik dat wel gedaan had, de resultaten dan anders zouden zijn. Ook zou ik kunnen proberen om na de eerste afname het goede antwoord even kort te bespreken, volgens Barton (2020) verminder je dan ook de negatieve effecten die je kan krijgen van het voorstellen van foute antwoorden. Want er is een kans dat leerlingen de foute antwoorden onthouden in plaats van het correcte antwoord.

Ik heb nu verbaal feedback gevraagd aan de leerlingen. Ik had dit ook wat concreter kunnen doen door de hele klas een kort vragenlijstje af te laten nemen. Dan had ik ook wat meer data gehad waarmee ik het stellen van de diagnostische vragen had kunnen verantwoorden. Nu is de verbale feedback wat oppervlakkig gebleven, maar met een vragenlijstje had ik hier meer de diepte in kunnen gaan.

In dit onderzoek heb ik de uitleg gegeven op één manier, zoals ik die van te voren had bedacht. Dit omdat ik na de afname van de vraag op papier niet snel kon scoren hoe de klas de vraag gemaakt had. Dus ik heb dat nu na afloop van de les gescoord. Ik zou in de toekomst meer de manier van Barton (2020) kunnen aanhouden. Hij benoemt dat hij vaak de vraag met vingers afneemt, één vinger voor antwoord A, twee vingers voor antwoord B, enzovoorts. Hierdoor krijg je als docent een snelle indicatie hoe de klas scoort. Ook weet je op deze manier welke leerlingen welk antwoord geven. Hier kan dan op gedifferentieerd worden voor de resterende lestijd.

De lessen waarin ik de diagnostische vragen heb afgenomen, deden de leerlingen erg leuk mee met de les. Ze kwamen met inhoudelijke vragen, gaven feedback en beantwoordden mijn vragen. Het zou kunnen dat dit door het pretesteffect komt (Barton, 2020), dat stelt dat leerlingen beter in staat zijn nieuwe stof te begrijpen als het voorafgaand al benoemd is. Het kan ook zijn dat de leerlingen tijdens de eerste afname van de vraag er al achter komen waar de les over zal gaan. Ze weten dus wat ze van deze les kunnen verwachten (Pedagogisch-Didactisch Instrument, 2023). Al met al heb ik enorm veel geleerd tijdens dit onderzoek. Van deze manier van formatief handelen tot mezelf verdiepen in de misconcepten. Maar vooral dat ik het stellen van dit soort diagnostische vragen tijdens mijn eigen lesgeven in de toekomst kan voortzetten.

Bronnen

- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84–86.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648>
- Barton, G. (2020). *Volgens Barton Hfskt 11*.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning', Assessment in Education: Principles. *Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Dam, M., Faes, S. (2024). Diagnostische vragen in de bètavakken: Misvattingen opsporen en aanpakken. NVON en ICLON.
[Kennisbank leerlingdenkenbeelden, preconcepten, misconcepten in de biologie](#)
- Knippels, M. C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108–112.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000). What's in a cell? - Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34(3), 129–132.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655702>;WGROUP:STRING:PUBLICATION
- Machová, M., & Ehler, E. (2021). *Journal of Biological Education Secondary school students' misconceptions in genetics: origins and solutions*.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136>
- Michael, J. (2002). Misconceptions - What students think they know. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 26(1–4), 5–6.
<https://doi.org/10.1152/ADVAN.00047.2001>;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
- Van Silfhout, G. (2020). *SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling*.
- Wat is een diagnostische vraag? – DiagnostischeVragen.nl*. (n.d.). Retrieved July 2, 2025, from <https://www.diagnostischevragen.nl/informatie/wat-is-een-diagnostische-vraag/>

Bijlagen

Verloop van het onderzoek

Stap 1

Als er nog geen DV voor dit onderwerp bestaat → Ontwerpen van de vraag en antwoord-mogelijkheden.

Stappen (interne validiteit):

Ontwerp

- Lees literatuur over misvattingen over het onderwerp.
- Overleg met je vakcoach over welke misvattingen er bestaan.
- Overleg met je medestudenten in het groepje over misvattingen.
- Stel op basis hiervan minimaal twee vragen en antwoordmogelijkheden op

Pilot

- Leg de vraag aan kleine groepen leerlingen voor en laat ze hardop denken tijdens het antwoorden
- Leg de vraag aan een paar biologiecollega's voor en laat ze hardop denken

Stel de vraag en antwoordmogelijkheden bij

Stap 2

Start hier als er al een DV bestaat voor jouw onderwerp op de website → Hoe komen leerlingen op het antwoord? Welke denkwijzen zitten er achter de antwoorden?

Stappen (gebruikersvaliditeit/externe validiteit):

- Neem de vraag af in de gehele klas af in twee stappen op papier. Laat ze het antwoord geven en erachter schrijven waarom ze dit denken en waarom de andere niet.

Stap 3

Interventie → Welke beslissingen kun je in de les nemen op basis van de gegeven antwoorden en bij welke scores?

Bedenk een lesontwerp waarin je:

1. De vraag vooraf afneemt
2. De vraag na de uitleg afneemt
3. Van tevoren bedenkt van je gaat doen bij welke scores. Schrijf deze overwegingen uit en stel ontwerpregels hiervoor op (als... dan...)

Stap 4

Effectiviteit → Hoe effectief was de vraag in het wegwerken van de misvatting(en)?

Stappen (effectiviteit):

In deze les, neem de DV af voorafgaand aan je uitleg/de leeractiviteit, noteer de scores en handel volgens jouw ontwerp. Neem de DN af na de uitleg/leeractiviteit en vergelijk de uitkomsten.

Les DV 1. Spiercellen vs. huidcellen

Lesplan 1

Klas: V5BIOL2

Lesstof: Thema 10 DNA – Basisstof 3 Transcriptie

In het kort:

Deze les richt zich op de vaardigheid/vakinhoud:

- Transcriptie
 - o Transcriptiefactoren
 - o Promotor
 - o RNA-polymerase
 - o Coderende streng
 - o Template streng/matrijsstreng
- RNA
 - o (pre)mRNA

De leerdoelen voor de leerlingen zijn:

- Je kunt beschrijven hoe (pre)mRNA wordt gevormd.

Beginsituatie (voorkennis, mogelijke misconcepties):

- Het verschil tussen de template/matrijs streng en coderende streng kan lastig gevonden worden.

Tijd	Lesfase	Wat doen de leerlingen?	Wat doe ik?	Evt. waarom
10:00 – 10:03	Binnenkomst	De leerlingen komen binnen, gaan zitten en pakken hun spullen.	Sta (als mogelijk) bij de deur om de leerlingen te begroeten.	
10:03 – 10:08	DV afname	De leerlingen beantwoorden de vraag in stilte en alleen.	Ik benoem dat ik weer wil dat ze even deze vraag beantwoorden voor mijn opleiding op papier, graag in stilte en alleen. Ik benoem dat ik graag wil dat ze voor elk antwoordmogelijkheid aangeven waarom het goed/fout is.	
10:08 – 10:25	Uitleg nieuwe stof	De leerlingen luisteren naar de uitleg en stellen vragen als ze die hebben.	Ik leg de nieuwe stof uit aan de hand van LessonUp met daarin instructie slides, verwijzingen naar de binas (transcriptie) en een sleepvraag.	Ik hoop met de sleepvraag duidelijk te maken wat het verschil is tussen ribose, desoxyribose en didesoxyribose, hopelijk is dit een hulpmiddel voor het onthouden en verwerken.

10:25 – 10:37	Zelfstandig werken (opdr. 30, 31, 32, 36, 38)	De leerlingen gaan rustig aan de slag met de opdrachten.	Ik loop rond om vragen te beantwoorden en om ervoor te zorgen dat leerlingen aan de slag gaan.	
10:37 – 10:45	Diagnostische vragen afnemen	De leerlingen beantwoorden de vraag in stilte en alleen.	Ik benoem dat ik weer wil dat ze even deze vraag beantwoorden voor mijn opleiding, graag in stilte en alleen. Ik benoem dat ik graag wil dat ze voor elk antwoordmogelijkheid aangeven waarom het goed/fout is. Als iedereen het heeft ingeleverd, geef ik het goede antwoord op de vraag.	In deze les heb ik verteld dat het DNA vrij moet liggen zodat het afgelezen kan worden en dus dat er in bepaalde celtypes andere genen vrij liggen dan in andere celtypes, dat ligt dus aan de functie van de cel.
10:45	Lesafsluiting	De leerlingen ruimen hun spullen op en verlaten het lokaal.	Ik wens ze allemaal een fijne dag!	

LessonUp Transcriptie → Diagnostische Vraag 1. Spiercellen vs. huidcellen

Thema 10 DNA - Basisstof 3 Transcriptie Deel 1

Vandaag

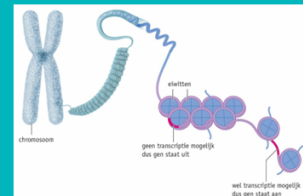
- Beginnen aan Basisstof 3
- Vrijmaken van DNA
 - RNA
- Transcriptie
- Aan de slag!

Diagnostische vraag

- Beantwoord deze vraag in stilte en voor jezelf
- Leg uit waarom je denkt dat jouw antwoord goed is en waarom de rest fout is.
- Lever het bij mij weer in.
Alvast bedankt!!

Vrijmaken van DNA

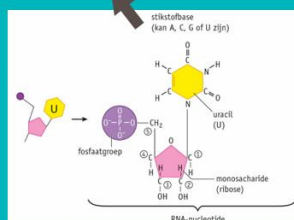
- Uiteindelijk moet DNA afgelezen worden zodat er een eiwit wordt gemaakt.
- DNA kan niet worden afgelezen als het opgerold ligt.
- Welk DNA vrij ligt (en afgelezen wordt), ligt aan het celtipe.
- Het aflezen van DNA noemen we transcriptie



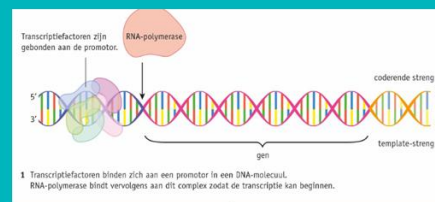
RNA

- mRNA (messenger RNA): RNA dat langs de DNA-sequentie van een gen is gevormd.
- rRNA (ribosomaal RNA): belangrijk bestanddeel van ribosomen.
- tRNA (transfer RNA): bindt aminozuren uit het cytoplasma en vervoert die naar een ribosoom.

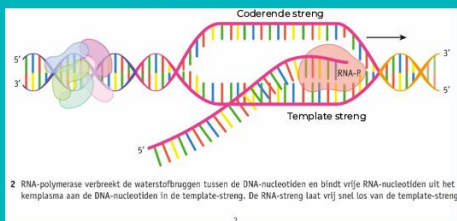
Welke Binas tabel?



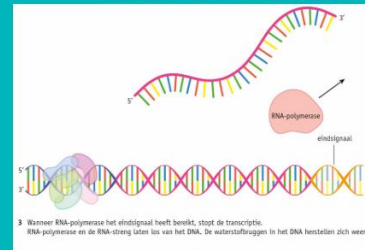
Transcriptie



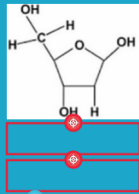
Transcriptie



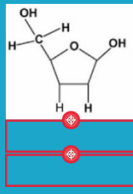
Transcriptie



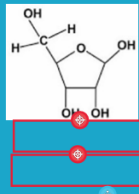
Sleep de juiste naam naar de juiste monosacharide.



Ribose



Desoxyribose



Dideoxyribose

RNA

Sequencing

DNA

En nu?

- Lees bladzijden 99 t/m 102 voor jezelf door en zorg dat je alles snapt.
- Maak opdrachten 30, 31, 32, 36, 38

Diagnostische vraag

- Beantwoord deze vraag in stilte en voor jezelf
 - Leg uit waarom je denkt dat jouw antwoord goed is en waarom de rest fout is.
 - Lever het bij mij weer in.
- Alvast bedankt!!

Uitkomst diagnostische vraag 1. Spiercellen vs. Huidcellen

Goed antwoord:	Gegeven antwoord	Goed, goede uitleg	Goed, verkeerde/geen c	Fout, goede uitleg	Fout, verkeerde uitleg	Uitleg (verkort):
B	B	x				verschillende functies, verschillende genen actief, elke cel hetzelfde DNA bevat
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen.
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen.
B	B	x				cellen hebben hetzelfde en evenveel DNA, DNA wordt niet afgebroken
B	B	x				Genen aan of uit, DNA verschildt nooit. DNA gaat geen specialisatie onder
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen.
B	B	x				Elke cel bevat hetzelfde DNA in dezelfde hoeveelheid, andere genen actief en breken geen DNA af
B	B	x				Overal hetzelfde DNA, specialiseren door specifiek DNA te gebruiken niet af te breken
B	B	x				Overal hetzelfde DNA, specialiseren door specifiek DNA te gebruiken niet af te breken
B	B	x				Overal hetzelfde DNA, je kan niet meer DNA krijgen of afbreken
B	B	x				cellen hebben hetzelfde en evenveel DNA, DNA wordt niet afgebroken
B	B	x				DNA in elke cel hetzelfde, maar in verschillende cellen is een verschillend deel actief
B	B		x			Denk dat ik dit ooit gehoord heb, moeilijke functie bestaat niet
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen.
B	B		x			Kan ook A zijn, aantal DNA heeft niks met de functie te maken, D kan ook waar zijn maar geen idee
B	B	x				Overal hetzelfde DNA, maar het uit zich op verschillende manieren

Figuur 2. Tabel met uitkomsten van DV 1. Spiercellen vs. huidcellen. Voor de uitleg.

Goed antwoord:	Gegeven antwoord	Goed, goede uitleg	Goed, verkeerde/ge	Fout, goede uitleg	Fout, verkeerde uitleg	Uitleg (verkort):
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen, behalve geslachtcellen is hetzelfde.
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen.
B	A			x		DNA is overal in je lichaam verschillend.
B	A			x		De rest klopt niet.
B	B	x				DNA is overal hetzelfde, verschillen in uiten van genen.
B	B	x				DNA is hetzelfde in alle cellen, alleen verschillende delen worden in verschillende organen en cellen gebruikt
B	B	x				Alle cellen hetzelfde DNA, andere functie dus andere genen actief
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, ook DNA dat niet nodig is
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, ook in dezelfde hoeveelheid
B	B	x				DNA is in elke lichaamscel hetzelfde en het wordt niet afgebroken
B	B	x				DNA is overal hetzelfde, verschillen in uiten van genen.
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, ook in dezelfde hoeveelheid, DNA wordt niet afgebroken
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, ook in dezelfde hoeveelheid, DNA wordt niet afgebroken
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, spiercellen hebben geen moeilijker functie
B	B	x				DNA is in elke cel hetzelfde, de plek van de cel bepaalt welke genen actief zijn, DNA wordt niet afgebroken

Figuur 3. Tabel met uitkomsten van DV 1. Spiercellen vs. huidcellen. Na de uitleg.

Les DV 2. Mutaties

Lesplan 2

Klas: V5BIOL2

Lesstof: Thema 10 DNA – Basisstof 6 mutaties

In het kort:

Deze les richt zich op de vaardigheid/vakinhoud:

- Mutaties
 - o Insertie
 - o Deletie
 - o Substitutie
- Leesraam verschuiving
- Genoommutaties

De leerdoelen voor de leerlingen zijn:

- Je kunt het verschil uitleggen tussen insertie, deletie en substitutie.

Beginsituatie (voorkennis, mogelijke misconcepties):

- Ik denk dat leerlingen wel een idee hebben van mutaties, zoals ze dat hebben geleerd met het thema evolutie, maar nu gaan we erg inzoomen op moleculair niveau.

Tijd	Lesfase	Wat doen de leerlingen?	Wat doe ik?
11:45 – 11:48	Binnenkomst	De leerlingen komen binnen, gaan zitten en pakken hun spullen.	Sta (als mogelijk) bij de deur om de leerlingen te begroeten.
11:48 – 11:53	Afname DV	De leerlingen beantwoorden de vraag in stilte en alleen.	Ik benoem dat ik weer wil dat ze even deze vraag beantwoorden voor mijn opleiding op papier, graag in stilte en alleen. Ik benoem dat ik graag wil dat ze voor elk antwoordmogelijkheid aangeven waarom het goed/fout is.
11:53 – 12:00	Herhalen bs4 61, 65	De leerlingen doen mee met de herhaling van de stof en stellen vragen als ze die hebben.	Ik herhaal de stof van vorige stof aan de hand van moeilijke opdrachten en wat quizvragen.
12:00 – 12:15	Uitleg nieuwe stof	De leerlingen denken mee over de stof en stellen vragen als ze die hebben.	Ik leg de nieuwe stof uit aan de hand van de LessonUp met daarin een open vraag over wat ze al weten over mutaties en een sleep vraag over de verschillende soorten mutaties. Bij de slide over leesraamverschuiving staan ik stil over wat voor effect een puntmutatie kan hebben. En dat het dus niet altijd voor een (grote) verandering hoeft te zorgen.
12:15 – 12:25	Zelfstandig werken Als ik merk dat de les snel verloopt en er is	De leerlingen gaan rustig aan de slag met de opdrachten.	Ik loop rond om vragen te beantwoorden en om leerlingen aan het werk te zetten.

	veel tijd over, dan kan ik nog de quizlet van bs3/4 doen.		
12:25 – 12:30	Diagnostische vraag	De leerlingen beantwoorden de vraag in stilte en alleen.	Ik benoem dat ik weer wil dat ze even deze vraag beantwoorden voor mijn opleiding, graag in stilte en alleen. Als iedereen het heeft ingeleverd, geef ik het goede antwoord.
12:30	Lesafsluiting	De leerlingen pakken hun spullen en verlaten het lokaal	Ik wens de leerlingen allemaal een fijne dag.

LessonUp Mutaties → Diagnostische Vraag 2. Mutaties

Vandaag

- Basisstof 4 Genexpressie afronden
- Huiswerk bespreken (61, 65, 66, 67, 68)
- Beginnen met Basisstof 6 Mutaties
 - Puntmutaties
 - Genoommutaties

Diagnostische vraag

- Beantwoord deze vraag in stilte en voor jezelf
- Leg uit waarom je denkt dat jouw antwoord goed is en waarom de rest fout is.
- Lever het bij mij weer in.
Alvast bedankt!!

Repressors voorkomen de:

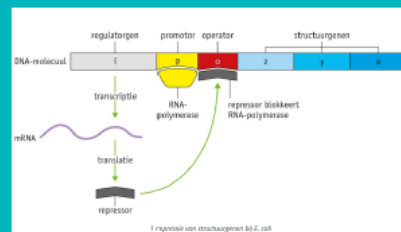
A

Transcriptie

Translatie

B

Repressors



RNAi voorkomt de:

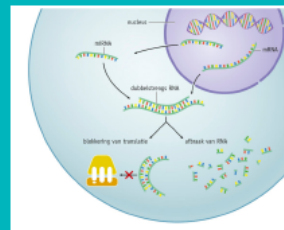
A

Transcriptie

Translatie

B

RNA-interferentie (RNAi)



DNA-methylering voorkomt de:

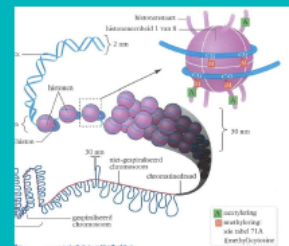
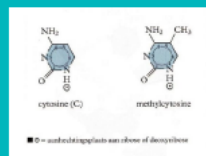
A

Transcriptie

Translatie

B

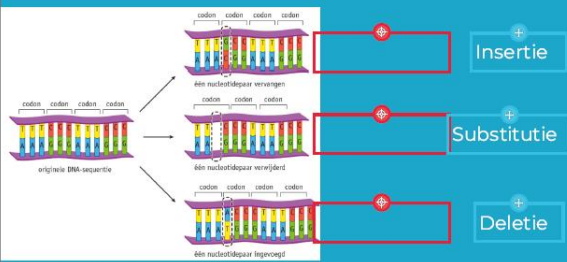
DNA-methylering



Thema 10 DNA
Basisstof 6 Mutaties
Deel 1

Wat weten jullie al over mutaties?

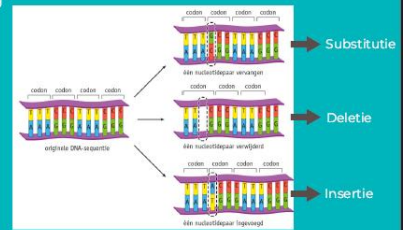
Welk begrip hoort bij welke mutatie?



Verschillende typen mutaties

Mutatie = verandering van de nucleotidevolgorde van het DNA

Het kan gaan om 1 nucleotidepaar of meerderen. Of zelfs om een heel chromosoom



Puntmutaties

= mutatie van één nucleotide paar

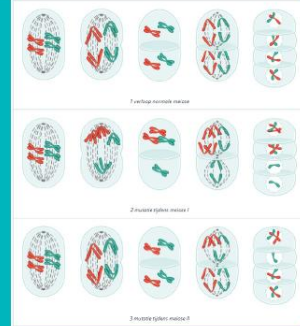
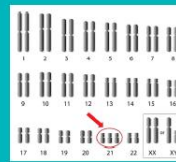
Kleine verandering... maar kan grote gevolgen hebben!!

Kan een leesraamverschuiving veroorzaken (frame shift mutation)

aminozuren	...	Thr	Arg	Thr	Ala	Tyr	...
mRNA 5' ...	ACG	AGG	ACU	GCA	UAC	...	3'
aminozuren	...	Thr	Glu	Asp	Cys	Ile	...
mRNA 5' ...	ACA	GAG	GAC	UGC	AUA	C...	3'
						Insertie	

Genoommutaties

= mutaties waarbij het aantal chromosomen in een cel verandert.



En nu?

- Lees Basisstof 6 - Mutaties
- Maak de opdrachten opdr. 72, 73, 74, 76 (huiswerk)

Diagnostische vraag

- Beantwoord deze vraag in stilte en voor jezelf
 - Leg uit waarom je denkt dat jouw antwoord goed is en waarom de rest fout is.
 - Lever het bij mij weer in.
- Alvast bedankt!!

Uitkomst diagnostische vraag 2. Mutaties

Goed antwoord:	Gegeven antwoord	Goed, goede uitleg	Goed, verke Fout	Fout, goede uitleg	Fout, verkeerde uitleg	Uitleg (verkort):
C	C	x				Dezelfde mutatie kan in verschillende omstandigheden voor of nadelig zijn. 1 organisme kan niet evolueren, de soort wel. Sommige mutaties zijn recessief en komen niet tot uiting
C	B/C		x			Mutaties zijn niet altijd nadelig. Als het niet dominant is komt het niet tot uiting.
C	B/C		x			Mutaties zijn niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	B			x		Mutatie verhoogt de overlevingskans, dus snellere evolutie. Noot neutraal en voordelen zijn groter. Mutatie komt niet altijd tot uiting
C	B/C			x		Mutatie heeft geen nadeel te zijn, verder niet veel uitleg over het goede/foute antwoord
C	C	x				Mutaties kunnen je overlevingskans vergroten/verkleinen of geen effect. Mutaties kunnen ook iets van binnen zijn en iets wat je niet ziet.
C	C	x				Mutaties kan ook goed zijn. Evolutie duurt lang. Mutatie kan alleen genotype zijn, heeft niet tot uiting te komen.
C	B/C			x		Mutaties hebben veel verschillende werkingen, zorg voor meerdere genotypes waardoor er meerdere nakomelingen ontstaan
C	C	x				Mutatie kan goed of slecht zijn, ligt aan omgeving. Heeft niet altijd tot uiting te komen
C	B/C		x			Heeft geen nadeel te zijn, hoeft niet tot uiting te komen. Door mutaties evolueert een soort
C	B/C		x			Heeft geen voor/nadeel te zijn, kan ook neutraal, hoeft niet tot uiting te komen. Door mutaties evolueert een soort
C	D			x		Muteren komt altijd tot uiting, altijd voordelig of neutraal, niet negatief
C	C		x			Het is vaak voordelig of kan ook neutraal, evolutie duurt jaren.
C	C	x				Mutaties kunnen ook voordelig zijn, komen niet altijd tot uiting
C	B/C			x		Mutaties hebben veel verschillende werkingen en het is een plotselinge verandering
C	C	x				Mutaties kunnen ook voordelig zijn, komen niet altijd tot uiting

Figuur 3. Tabel met uitkomsten van DV 2. Mutaties. Voor de uitleg

Goed antwoord:	Gegeven antwoord	Goed, goede uitleg	Goed, verkeerde uitleg	Fout, goede uitleg	Fout, verkeerde uitleg	Uitleg (verkort):
C	C	x				Mutaties zijn willekeurige veranderingen in het DNA, van tevoren weet je niet wat het effect is. Mutaties kunnen snelle veranderingen veroorzaken niet snelle evolutie
C	C		x			Mutaties kunnen vooral voordelig zijn, of ook nadelig zijn.
C	C	x				Mutaties zijn niet alleen nadelig, kan ook voordelig zodat je beter bent aangepast
C	C	x				Mutaties hoeven niet alleen nadelige te zijn, kan ook voordelig zijn
C	C	x				Atwijkingen hoeven niet tot uiting te komen, kunnen ook positief zijn
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Niet altijd nadelig en komen niet altijd tot uiting
C	B			x		Kan ook voordelig zijn en komen niet altijd tot uiting
C	C	x				Mutaties kunnen ook voordelig zijn, maar niet neutraal
C	C	x				Mutaties kunnen ook voordelig zijn, ook nadelig en soms komt het niet tot uiting, dus neutraal.
C	C	x				Kan ook voordelig zijn en komen niet altijd tot uiting. Kan een kleine verandering zijn wat geen invloed heeft op de functie
C	C	x				Kan ook voordelig zijn en komen niet altijd tot uiting

Figuur 4. Tabel met uitkomsten van DV 2. Mutaties. Na de uitleg.