

Genetica van de Toekomst

A stylized graphic of a DNA double helix. It features two thick black lines that cross each other to form a figure-eight shape. Between these lines are several curved bands in white, red, and blue, representing the base pairs of the DNA molecule. The graphic is positioned on the left side of the page, partially overlapping the text.

Lesmateriaal voor de 4^e klas **VWO**

Antwoordblad bij online module:
www.levedna.nl/genetica

1. Welke factoren dragen bij aan het ontstaan van een eigenschap?

Vooraf

Aan welke begrippen denk je bij de termen 'erfelijk' en 'genetica'? Noem 5 begrippen. Overleg eventueel met een medeleerling.

--

1.1 Stamboom van het koningshuis

1. Welke overeenkomsten zie je tussen mensen? Noem minstens 3 overeenkomsten.

Overeenkomst 1:	Overeenkomst 2:	Overeenkomst 3:	Overeenkomst 4:

2. Welke verschillen zie je tussen mensen? Noem minstens 3 verschillen.

Vershil 1:	Vershil 2:	Vershil 3:	Vershil 4:

3. Geef 3 kenmerken waarvan jij denkt dat ze wel erfelijk zijn.

- a.
- b.
- c.

4. Geef 3 kenmerken waarvan jij denkt dat ze niet erfelijk zijn.

- a.
- b.
- c.

5. De prinsessen Amalia, Alexia en Ariane lijken alle drie op hun vader en moeder. Ze hebben uiterlijke eigenschappen geërfd. Leg kort uit hoe de overerving van eigenschappen werkt.

--

6. Noem een erfelijke eigenschap die je kent uit je eigen omgeving. Dit kan een voorbeeld zijn uit je eigen familie, maar dat hoeft niet (denk ook aan huisdieren, planten enzovoorts).

--

Het erven van eigenschappen heeft te maken met de genen.

7. Wat zijn genen en waar in je lichaam zitten de genen?

--

8. Wat is de rol van genen bij doorgeven van eigenschappen naar de kinderen?

--

9. Wat is de rol van genen bij het ontstaan van eigenschappen?

--

1.2 Tum-Tum-Tellen

De lengte van de klas.

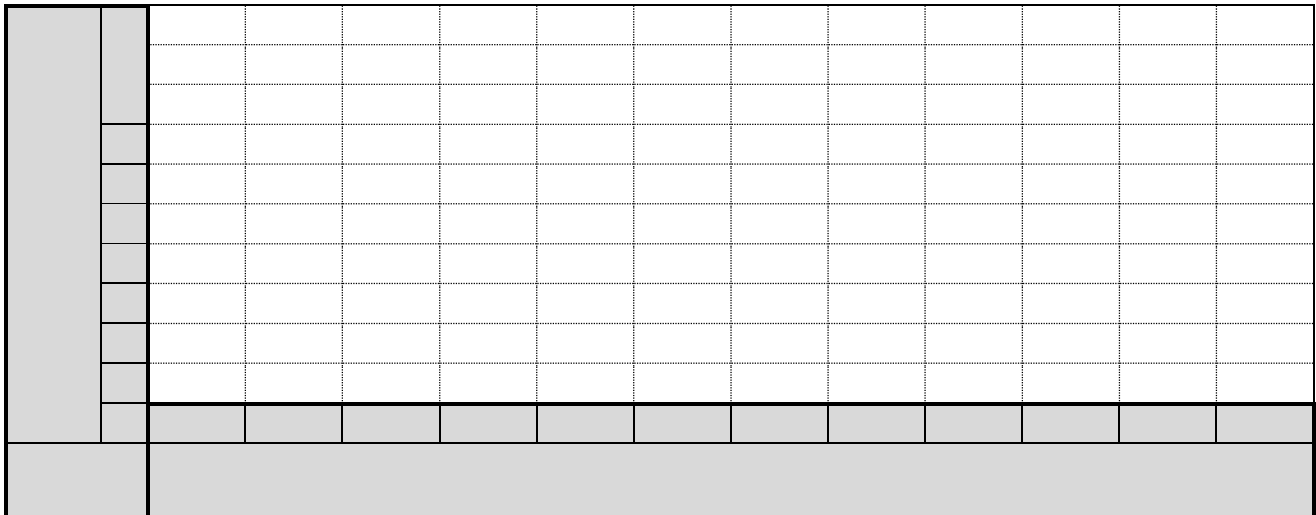
1. Verzamel in de tabel hieronder de lichaamslengtes van jezelf en alle klasgenoten. Rond de lengte af op hele centimeters.

1		13		25	
2		14		26	
3		15		27	
4		16		28	
5		17		29	
6		18		30	
7		19		31	
8		20		32	
9		21		33	
10		22		34	
11		23		35	
12		24		36	

2. Geef in de onderstaande tabel aan hoeveel leerlingen een bepaalde lichaamslengte hebben (dus als iemand 153 cm is, komt er één streepje in het vakje naast 151-155 cm).

Lengte (cm)	Aantal	Lengte (cm)	Aantal
141 - 145		171 - 175	
146 - 150		176 - 180	
151 - 155		181 - 185	
156 - 160		186 - 190	
161 - 165		191 - 195	
166 - 170		196 - 200	

3. Maak een staafdiagram van het aantal keer dat bepaalde lichaamslengtes voorkomen (hoe vaker een lengte voorkomt, hoe hoger de staaf). Benoem de assen.



4. Stel dat er maar één factor is die de lichaamslengte bepaalt. Raap 1 tumtum uit je bekertje.

a. Ben je lang of kort?

b. Hoeveel verschillende lengtes zijn mogelijk op deze manier?

c. Is één factor genoeg om het verschil in lengtes in de klas te bepalen?

5. Stel dat er slechts twee factoren de lichaamslengte bepalen. Raap 2 tumtums.

a. Hoe lang zal je ongeveer zijn? Lang, kort of er tussenin?

b. Hoeveel verschillende lengtes zijn mogelijk bij twee lengte-factoren?

6. Hoeveel factoren heb je minimaal nodig om de verschillende lichaamslengtes in de klas te krijgen, zoals ze in het staafdiagram zijn geordend?

Als je de lichaamslengte van alle klasgenoten heel precies zou meten, kom je op nog veel meer verschillen uit. De een is bij een meting 161,3 cm en de ander is 161,2 centimeter. Dit komt omdat er heel veel factoren bijdragen aan de lichaamslengte. Denk hierbij bijvoorbeeld aan dat je 's ochtends heel ietsje langer bent dan 's avonds. Voor de vragen 4 en 5 gaan we uit van 10 erfelijke factoren. Deze erfelijke factoren erf je van je ouders. Laten we de factoren genen noemen. De tumtums in je

bekertje zijn dus jouw genen.

7. Je krijgt met een klasgenoot (bijvoorbeeld degene die naast je zit) een kind. Pak allebei 5 tumtums uit je bekertje en leg deze bij elkaar. Jullie kind heeft nu tien genen die van invloed zijn op de lengte. Hoe lang zal jullie kind worden? Gebruik het model uit figuur 1.

8. Uit onderzoek blijkt dat verschillende genen een verschillende bijdrage leveren. Bovendien kunnen genen samenwerken, elkaar stimuleren of remmen. In figuur 2 is een nieuw model gemaakt. Bereken opnieuw hoe lang jullie kind zal worden. Gebruik nu het model uit figuur 2.

Andere invloeden

9. Hoe lang zal jullie kind uiteindelijk worden? Tel de uitkomst van model 2 en de bovenstaande 4 antwoorden bij elkaar op.

10. Tussen alle gekleurde tumtums zitten geverfde tumtums verstopt. Deze tumtums representeren een gen dat een normale invloed heeft op de lichaamslengte. Maar als het kind twee van deze genen erft van de ouders is het niet levensvatbaar. Zo'n combinatie van genen heet een 'lethale factor'.

a. Wie in de klas hadden zelf één gekleurde tumtum?

b. Wat was de kans dat er in jouw klas een kind met een lethale factor geboren zou worden?

Verdieping

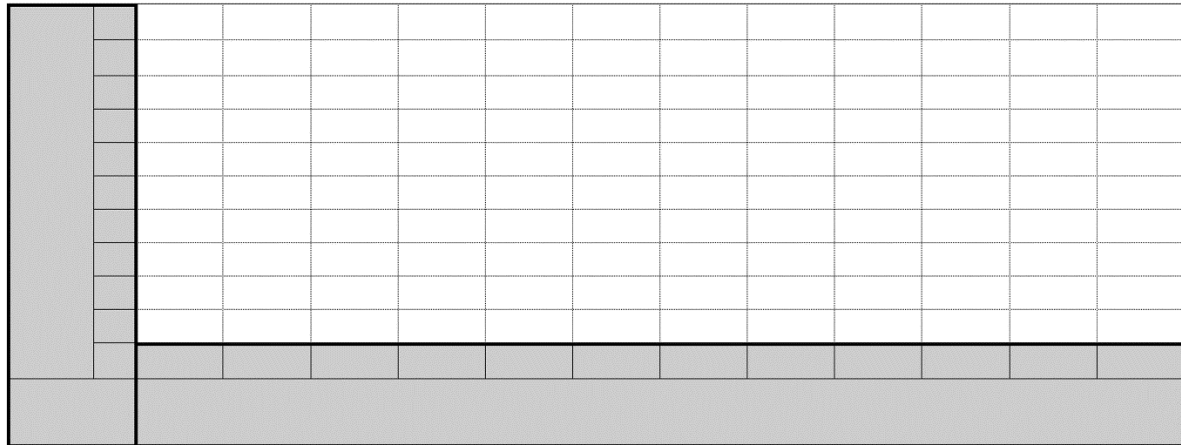
11. Bovenstaande omgevingsfactoren zoals stress en gezonde voeding zijn gebaseerd op de situatie in Nederland. Je kunt je voorstellen dat als jullie kind opgroeit in een land met minder welvaart, de kansen verschuiven.

a. . In Nederland is de verdeling niet voldoende eten versus wel voldoende eten 1:6. Wat zou deze verdeling worden als jullie kind in bijvoorbeeld de droge gebieden van Somalië zou opgroeien? Leg je antwoord kort uit.

b. Kun je een kansverdeling, met bijbehorende toename of afname van centimeters, opstellen voor 'geen hygiëne' versus 'goede hygiëne' voor als jullie kind 300 jaar geleden zou opgroeien?

Aan het begin van deze opdracht heb je, samen met je klasgenoten, een staafdiagram gemaakt van jullie lichaamslengtes. Vaak resulteert deze grafiek in een zogenoemde 'normale verdeling'. (Vraag bij je wiskundeleraar na wat een 'normale verdeling' precies is als je dit niet (meer) weet.)

12. Maak eenzelfde staafdiagram (als uit opdracht 3) van alle kinderen die de klas heeft gekregen. Ontstaat er wederom een 'normale verdeling'?

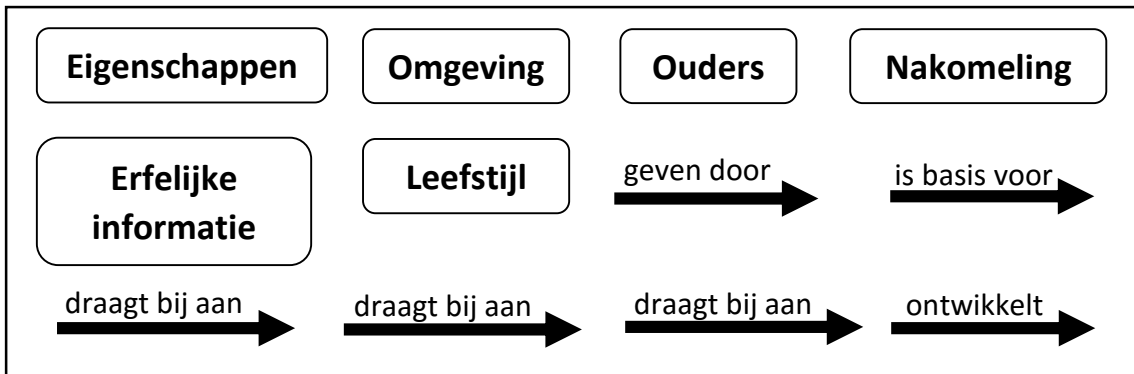


13. Geef een inschatting hoe groot de bijdrage van genen en de bijdrage van de omgeving is op de volgende eigenschappen. In het voorbeeld zie je dat de bijdrage van de genen aan de lengte van je haren klein is. Omgevingsinvloeden zoals mode en vrienden hebben veel meer invloed.

Invloed	Eigenschap							
	Haarlengte		Groeisnelheid van haren		Lichaamslengte		Basketbal kampioen worden	
	Genen	Omgeving en leefstijl	Genen	Omgeving en leefstijl	Genen	Omgeving en leefstijl	Genen	Omgeving en leefstijl
Zeer groot								
Groot		<i>groot</i>						
Gemiddeld								
Klein	<i>klein</i>							
Zeer klein								
Afwezig								

1.3 Conceptmap

1. Hieronder staan de basisconcepten die horen bij hoofdstuk één van deze lessenserie. Ook de pijlen staan gegeven. Probeer met behulp van onderstaande concepten en pijlen een conceptmap te maken die aansluit bij hetgeen wat je dit hoofdstuk hebt geleerd. De conceptmap moet antwoord geven op de vraag: "Hoe erven eigenschappen over?"



2. Beschrijf in eigen woorden waar de drie modellen inzicht in geven.

3. Welke van de drie modellen begrijp je het makkelijkst? Leg je antwoord uit.

2. Wat is een allel?

2.1 Inzoomen

1. Organismaal niveau: Hiernaast staat een schematische afbeelding van Annelie. Beschrijf drie symptomen waar Annelie last van heeft en vergelijk deze met jouw gezondheid.

2. Orgaanniveau: Nu kijken we naar de longen van Annelie en het longweefsel. Beschrijf wat er anders is aan de werking van Annelie's longen in vergelijking met gezonde longen.

a. Gezonde longen hebben 100% inhoud, Annelie's longen:

b. Gezonde longen gaan een mensenleven mee, Annelie's longen:

c. Gezonde longen kunnen voldoende zuurstof uit de lucht opnemen, Annelie's longen wel/niet.

d. Gezonde longen hebben geen ontstekingen, Annelie's longen wel/niet.

3. Celniveau: Bij verder inzoomen in het longweefsel zijn de individuele cellen zichtbaar. Hier zie je drie cellen in het longepitheel met daarboven slijm dat de cellen hebben geproduceerd. Geef met een pijl aan waar de celkern zit.

Wat is er anders aan dit slijm van Annelie?

4. Molecuulniveau: Nog verder ingezoomd eindigen we bij het DNA van Annelie. Dit DNA bevat de instructies voor het bouwen van een eiwit. Gebruik eventueel de website van de Nederlandse Cystische Fibrose Stichting (<http://www.ncfs.nl/>) en/of andere informatiebronnen voor het beantwoorden van de volgende vragen:

a. Hoe heet het gen dat bij een defect Cystische Fibrose veroorzaakt?

b. Hoe heet het eiwit dat in een gezonde situatie wordt aangemaakt met behulp van dit gen?

c. Wat is de functie van dit eiwit?

d. Wat is er in het DNA van Annelie anders waardoor zij lijdt aan CF?

e. Wat is er anders aan de eiwitten door dit verschil in DNA?

2.2 Puzzelen met allelen



1. Hoeveel chromosomen heeft een mens in één cel?

2. Zoek met behulp van de Binas (tabel 70) op wat de locus is van het CFTR-gen en kleur deze in de afbeelding hiernaast.

3. Mensen hebben diploïde cellen. De 'Cavendish banaan' die wij in Nederland veel consumeren is triploïd. Hoeveel allelen van één gen heeft deze bananenplant?

Een genetische test

Allel 1: TAGCCAGAACTTGGGCAAAGTTACGATCTTCCACGTTGCTCAGGCGACACGC
 CCCAGACGACCACGGTGGCTTGGATTATCTTAACAACCTTATGGTTAG
 Allel 2: TAGCCAGAACTTGGGCAAAGTTACGATCTTCCACGTTGCTCAGGCGACACGC
 CCCAGACGACCACGGTGGCTTGGATTATCTTAACAACCTTATGGTTAG

4. Zoek het begin en einde van het CFTR-gen en markeer deze in de DNA-code van Annelie.

Tip: het begin en einde kun je bepalen met behulp van het startcodon en een stopcodon. Zoek deze codons eventueel op in je Binas.

Verdieping

5. Is het afgebeelde stukje DNA van Annelie afkomstig van de coderende streng of de matrijsstreng?

6. Het alfabet van het DNA bestaat uit vier letters: A, T, C en G. Waarvoor staan deze letters?

A =	C =
T =	G =

7. Welke DNA-basen passen precies tegenover elkaar?

8. Leg aan de hand van waterstofbruggen uit dat alleen deze tweetallen van basen aan elkaar binden, en geen andere combinatie. Gebruik eventueel tabel 71B uit de Binas.

Twee defecten

Merker 1: TGGAAMerker 2: TGATGMerker 3: TGGTG

9. Welke merker, of welke merkers, passen op het DNA van Annelie? Markeer de locatie van de merker op het DNA.

2.3 Hoe kom ik aan mijn allelen?

Genotype versus fenotype

1. Een genotype wordt vaak aangeduid met letters. In het geval van het CFTR-gen bijvoorbeeld met een C. Een hoofdletter C duidt dan op een gezond allel, terwijl een kleine letter c duidt op een defect allel. Het genotype van Annelie ziet er dan als volgt uit: cc.

a. Wat is het genotype van de vader van Annelie? Omcirkel het juiste antwoord.

CC of Cc of cc

Het fenotype wordt vaak omschreven met woorden. Zoals 'heeft de eigenschap wel' of 'heeft de eigenschap niet'. Het fenotype van Annelie wordt dan: 'heeft Cystische Fibrose'.

b. Wat is het fenotype van de vader van Annelie? Omcirkel het juiste antwoord.

'heeft geen Cystische Fibrose' of 'heeft Cystische Fibrose'

c. Verzin een verklaring voor het feit dat de vader (of moeder) van Annelie wel een defect allel met zich meedraagt, maar toch geen ziekteverschijnselen van CF heeft.

2. Bekijk de stamboom van Annelie en haar gezin. Kan de broer van Annelie de ziekte doorgeven? En hoe zit dat met Annelie's zus?

3. Welke van onderstaande situaties zijn NIET mogelijk? Streep deze door.

1. Opa en oma aan moeders kant lijden beiden aan CF.
2. Opa en oma aan vaders kant zijn beiden drager van CF.
3. Opa aan moeders kant lijdt aan CF, maar zijn vrouw heeft geen defect in haar CFTR-allelen.
4. In de familie van vaders en moeders kant lijdt niemand aan CF, Annelie is het eerste geval.

Kinderwens en dragerschapstesten

4. Zou jij willen weten of je drager bent van CF? Waarom wel/niet?

2.4 Afsluiting

1. Als je kijkt naar een populatie kijk je niet naar één verandering in het DNA (mutatie), maar naar het voorkomen van een bepaalde mutatie in een gehele populatie.

a. Welke allelen (A, B, C en D) leveren, volgens de infographic, een functionerend eiwit op? Let hierbij op de kleuren van de personen in de populatie (wit, roze en rood).

b. Stel dat gen X in verband is gebracht met een recessieve aandoening, zoals Cystische Fibrose. Hoeveel procent van de populatie is, volgens de infographic, drager van deze aandoening?

c. Zijn zij allen drager van hetzelfde defecte allel?

De infographic is uitgewerkt voor vier allelen, maar als men deze infographic zou invullen voor Cystische Fibrose, zouden er maar liefst 1400 verschillende allelen in moeten staan! Dat is het aantal CFTR-allelen dat nu bekend is in de wetenschap.

d. Leg uit dat als de gehele wereldbevolking voor het CFTR-gen in kaart zou worden gebracht, dat er hoogstwaarschijnlijk nog meer verschillende allelen ontdekt zullen worden.

e. In de infographic staan de termen 'heterozygoot' en 'homozygoot' genoemd. Deze termen hebben te maken met het genotype van die persoon. Leidt uit de infographic af wat de betekenis van deze twee termen is en beschrijf ze in eigen woorden.

2. Tot slot nog wat afsluitende vragen waarmee je voor jezelf kunt controleren of je dit hoofdstuk goed snapt.

a. Wat gebeurt er met een eiwit als er een defect zit in de startcode van een gen?

b. Er zijn wel meer dan duizend verschillende mutaties bekend in het CFTR-gen. Betekent dit dat er ook meer dan duizend allelen van het CFTR-gen zijn? Leg uit.

c. Beschrijf in eigen woorden wat een allel is.

d. Achterin deze handleiding staat een termenlijst. Achter iedere term kun je in eigen woorden een omschrijving geven van de term. Zijn er al termen die je nu kunt invullen?

Als je nog niet alle termen kunt invullen is dat niet erg. Verderop in deze lessenserie komt deze opdracht terug en kun je achteraf missende termen alsnog aanvullen.

3. Hoe erven eigenschappen over?

3.1 De organisatie van voortplanting

Voortplanting in een conceptmap

1. Hieronder staan termen die van toepassing zijn op de voortplanting. Op de volgende bladzijde staat een schema met lege plekken. Vul de termen op de juiste plekken in (sommige termen kun je vaker gebruiken).

Normaal aantal chromosomen	4 spermacellen (gameten)
Meiose	Helpt van normaal aantal chromosomen
Genen (gen)	Eigenschappen van de cellen
Allelen (allel)	Mitose
DNA	Eiwitten
2 cellen	

Aantekening: een zygote is een bevruchte eicel

2. De termen en processen in het schema zijn te ordenen in verschillende organisatieniveaus:

- Organismeniveau
- Celniveau
- Molecuulniveau

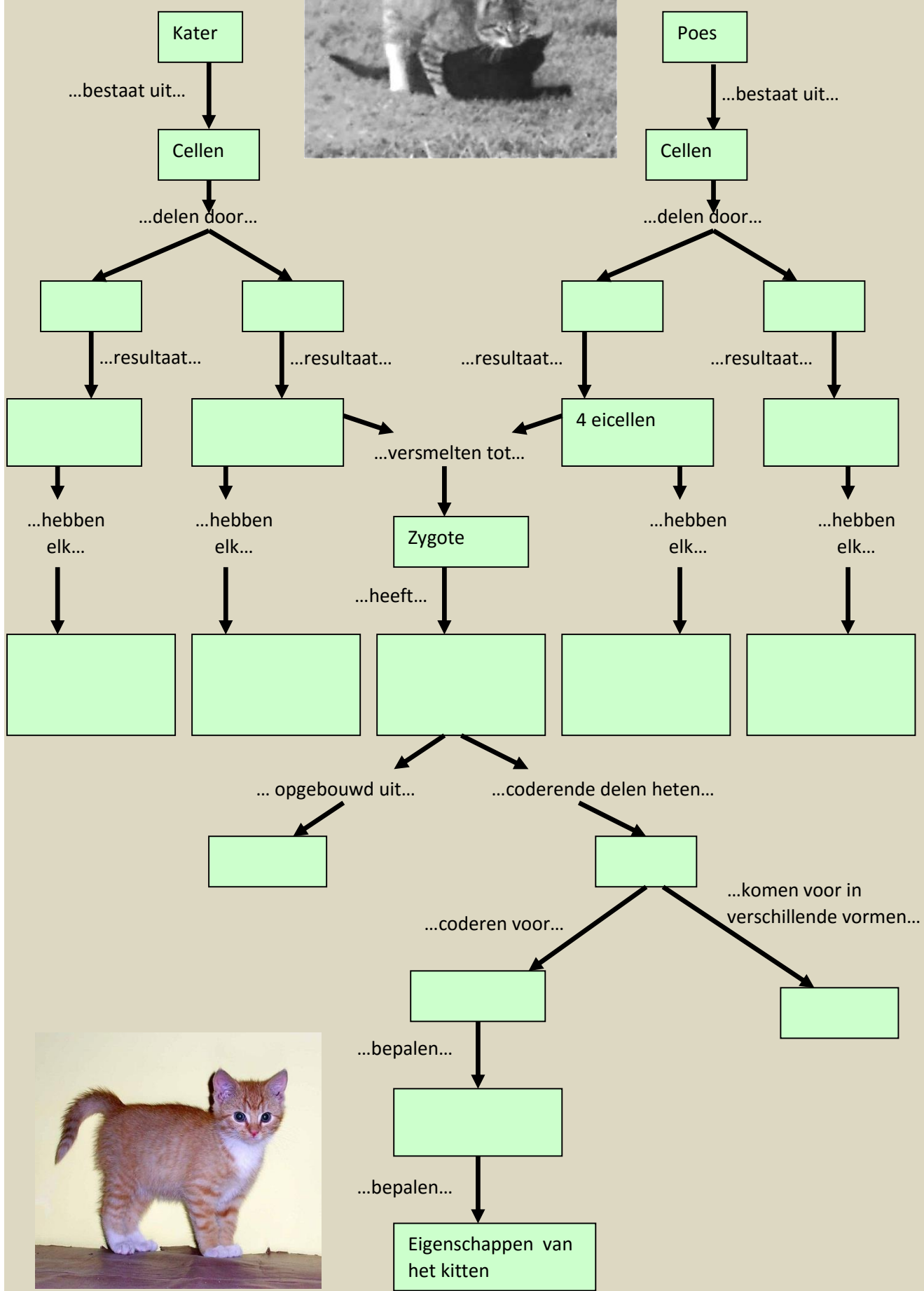
Geef met verschillende kleuren potlood in de kantlijn aan op welk niveau de weergegeven termen en processen te ordenen zijn. De verschillende niveaus kunnen vaker dan eens voorkomen.

3. Zet een kruisje bij alle termen in het schema waarin haploïde cellen een rol spelen.

4. Zet twee kruisjes bij alle termen in het schema waarin diploïde cellen een rol spelen.

Moleculaire seks

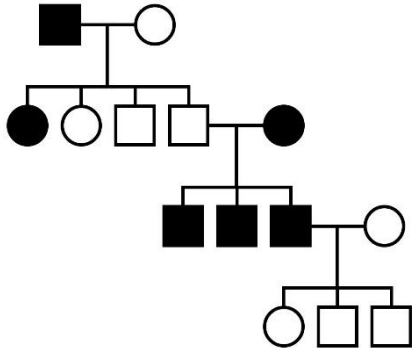
5. Iemand zegt: "Seksuele voortplanting is eigenlijk een moleculair proces." Leg uit wat deze persoon hiermee zou kunnen bedoelen.



3.2 Overerving in tabellen en schema's

Oefenen met stambomen en kruisingsschema's

Stamboom



1. Kun je op basis van deze stamboom onderstaande vragen beantwoorden?

a. Welk overervingspatroon heeft kleurenblindheid? Kies uit dominant, recessief, intermediair of co-dominant.

De mutatie die kleurenblindheid veroorzaakt, zit in een gen in een geslachtschromosoom.

b. In welk chromosoom bevindt zich deze mutatie?

Kruisingsschema

2. De moeder heeft sproeten, de vader niet.

a. Kun je op basis van dit kruisingsschema zeggen op welke manier de eigenschap sproeten overerft?

In een kruisingsschema zijn de vier mogelijke allelcombinaties zichtbaar. Als de ouders een kind krijgen is de kans dat dit kind een bepaalde allelcombinatie krijgt $1/4^e$ (of 25%).

b. Wat is de kans dat dit stel een kind met sproeten krijgt?

Het principe achter een kruisingsschema is nu uitgelegd. Kijk maar eens of je onderstaande vraag zelf kunt beantwoorden met je nieuw verworven kennis.

3. Jan en Iris hebben allebei nat oorsmeer. Zij krijgen een dochter met droog oorsmeer. Iris is in verwachting van een tweede kind. Wat is de kans dat dit kind ook droog oorsmeer heeft?

Aanpak: Bepaal eerst het genotype van beide ouders.

Allelen vader:		
Allelen moeder:		

Oefenen met examenvragen

Kleurenblindheid

Rood-groen kleurenblindheid is een X-chromosomale afwijking.

3. Welk van de volgende beweringen is zeker juist? Omcirkel het juiste antwoord.

A De moeder van een rood-groen kleurenblinde zoon heeft altijd minimaal één chromosoom met het allel voor de afwijking.

B De moeder van een rood-groen kleurenblinde zoon is ook kleurenblind.

C De moeder van een rood-groen kleurenblinde zoon is nooit kleurenblind

D De vader van een rood-groen kleurenblinde zoon is altijd kleurenblind.

E De vader van een rood-groen kleurenblinde zoon is drager van de erfelijke afwijking.

F De vader van een rood-groen-kleurenblinde zoon is nooit kleurenblind.

Eendagshaantjes

Het is in theorie mogelijk om het ontstaan van haantjes onder de nakomelingen selectief tegen te gaan, door te voorkomen dat bepaalde gameten gevormd worden.

4. Van welke gameten dient hiertoe de vorming te worden voorkomen? Omcirkel het juiste antwoord.

A Alleen van eicellen met het W-chromosoom

B Alleen van eicellen met het Z-chromosoom

C Alleen van spermacellen met het Z-chromosoom

D Van eicellen én spermacellen met het Z-chromosoom

Man of vrouw?

5. In een roman van Eugenides komt een XY-meisje Calliope voor met de afwijking ADS. In de afbeelding is de stamboom van haar familie weergegeven. Twee van haar grootouders (nummer 4 en nummer 5) zijn broer en zus.

a. Leg uit aan de hand van de stamboom dat Calliope ADS geërfd kan hebben van haar grootvader (nummer 2 in de stamboom).

b. Leg uit dat Calliope géén AOS geërfd kan hebben van haar grootvader (nummer 2 in de stamboom).

In de VS openbaart zich de aandoening AOS bij 1 op de 13.000 tieners.

c. Wat is dan de frequentie van het recessieve allel dat verantwoordelijk is voor AOS bij de genotypische volwassen vrouwen in de VS? Omcirkel het juiste antwoord.

A 0

B $8,8 \cdot 10^{-3}$

C $1,5 \cdot 10^{-4}$

D $7,7 \cdot 10^{-5}$

E $2,4 \cdot 10^{-8}$

3.2 Jo-jo-en met genetica

Simuleren met papierstroken

1. De voorbereiding:

a. Eén vel hoort bij de moeder en één vel hoort bij de vader. Noteer de woorden 'vader' en 'moeder' op de betreffende vellen.

b. Zet op elk A4-vel de 'naam' van de cel.

c. Schrijf de plaats waar deze cellen zich in het lichaam bevinden ook op elk vel.

2. Relatie tussen gewone lichaamscellen en geslachtscellen:

a. Voordat je verder gaat moet je eerst bedenken hoe de chromosoomsamenstelling is van de cellen waaruit primaire oöcyt en de primaire spermatocyt zijn voortgekomen (zie Binas tabel 86D of Biodata tabel 4.3 Gametogenese en bevruchting). Hebben deze cellen dezelfde chromosoomsamenstelling als de oöcyt en spermatocyt?

Aantal chromosomen in primaire oöcyt:

Aantal chromosomen in oöcyt:

b. Zijn oöcyt en de spermatocyt ontstaan door mitose of meiose? Omcirkel: mitose of meiose.

c. Zijn deze cellen diploïd of haploïd? Omcirkel: diploïd of haploïd.

3. Allelen zijn verantwoordelijk voor de kenmerken:

a. Elke eigenschap wordt in deze opdracht veroorzaakt door één gen. Elk gen heeft verschillende allelen. Noem de allelen voor elk gen:

Bloedgroep (ABO-gen):

Oorsmeer (ABCC11-gen):

PTC proeven (TAS2R38-gen):

Gevoeligheid voor bloedverdunners (VKORC1-gen):

b. Bedenk van iedere eigenschap hoe deze overerft. Geef op basis van dit overervingspatroon ieder allel een lettercode (kleine letter of hoofdletter) en noteer deze lettercode bij het antwoord van opdracht 3a.

c. Hoeveel stroken papier heb je nodig om 3 paar homologe chromosomen met verschillende allelen samen te stellen?

d. Plak de chromosomen op de witte A4-vellen.

e. Bepaal waar op de chromosomen de verschillende genen liggen. Laat het resultaat controleren.

Hint: het gen voor de bloedgroep ligt NIET samen met een gen voor één van de andere eigenschappen op hetzelfde chromosoom.

f. Leg uit hoe je kan weten dat zowel de vader als de moeder heterozygoot zijn voor het bloedgroepgen?

g. Schrijf de lettercode van alle allelen (vraag 3c) bij ieder gen op de chromosomen van vader en moeder.

4. DNA-replicatie:

a. Leg uit in eigen woorden wat DNA-replicatie is.

b. In welk deel van de celcyclus vindt die kopiëring plaats (gebruik Binas of Biodata)?

5. Gameetvorming en nakomelingen:

a. Pak nieuwe vellen papier en eventueel nieuwe stroken. Je gaat het proces van de gameetvorming (gametogenese) bij vader en moeder nabootsen.

b. Hoeveel verschillende zaadcellen (= mogelijke combinaties van allelen) kan de vader vormen? En hoeveel de moeder? Teken ze eventueel uit.

Vader:

Moeder:

c. Probeer nu zelf, met de papierstroken, de juiste combinaties te maken die passen bij de nakomelingen. (Carla, Melanie en Paul).

d. Kun je alle nakomelingen maken met de bijbehorende kenmerken? Omcirkel: Ja of Nee.

e. Klopt de door jullie gemaakte verdeling van de kenmerken over de chromosomen?

Omcirkel: Ja of Nee.

Leg uit waarom wel of waarom niet.

f. Pas zo nodig de verdeling van de kenmerken over de chromosomen aan. Noteer de door jullie gemaakt veranderingen hieronder zo duidelijk mogelijk.

g. Vul nu onderstaande tabel in:

Erfelijk kenmerk	Carla		Melanie		Paul	
	<i>fenotype</i>	<i>allelen</i>	<i>fenotype</i>	<i>allelen</i>	<i>fenotype</i>	<i>allelen</i>
bloedgroep	AB		O		A	
oorsmeer	nat		droog		nat	
PTC proeven	beetje		beetje		beetje	
gevoeligheid voor bloedverdunners	gemiddeld		gevoelig		gemiddeld	

3.4 Hoe erft bloemkleur over?

	Ouders fenotype	Ouders genotype	Nakomelingen fenotype	Nakomelingen % genotype
1	Wit x Wit		100% Wit	
2	Rood x Rood		100% Rood	
3	Rood x Wit		100% Rood	
4	Rood x Rood		100% Rood	
5	Rood x Rood		75% Rood 25% Wit	
6	Rood x Wit		50% Rood 50% Wit	
7	Wit x Wit		100% Wit	

8	Geel x Geel		100% Geel	
9	Geel x Wit		100% Geel	
10	Geel x Geel		75% Geel 25% Wit	
11	Geel x Wit		50% Geel 50% Wit	
12	Geel x Geel		100% Geel	
13	Rood x Geel		100% Oranje	
14	Oranje x Oranje		25% Rood 25% Geel 50% Oranje	
15	Rood x Oranje		50% Rood 50% Oranje	
16	Geel x Oranje		50% Geel 50% Oranje	
17	Geel x Rood		25% Rood 25% Geel 25% Wit 25% Oranje	
18	Rood x Geel		50% Oranje 50% Geel	
19	Rood x Oranje		50% Rood 25% Oranje 25% Geel	
20	Wit x Oranje		50% Rood 50% Geel	
21	Geel x Oranje		50% Oranje 50% Geel	
22	Geel x Oranje		25% Rood 50% Geel 25% Oranje	

1. Vul het mogelijke genotype in van de ouders in bovenstaande tabel
2. Vul de mogelijke genotypen in van de nakomelingen + de percentages waarin die genotypen waarschijnlijk voorkomen.
3. Bekijk kruisingen 1 t/m 6. Wat is je conclusie over de manier van overerven van de erfelijke eigenschappen voor rode en witte bloemen?
4. Bekijk kruisingen 7 t/m 12. Wat is je conclusie over de manier van overerven van de erfelijke eigenschappen voor gele en witte bloemen?
5. Bekijk kruisingen 13 t/m 16. Wat is je conclusie over de manier van overerven van de erfelijke eigenschappen voor rood, gele en oranje bloemen?
6. Bekijk kruisingen 17 t/m 22. Wat is je conclusie over de manier van overerven van de erfelijke eigenschappen voor gele en witte bloemen?

3.5 Kruisen met katten

Onderzoekstabel: fenotypes en genotypes		
Naam	Fenotype (doorhalen wat niet van toepassing is)	Genotype
Hestia (v)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Hermes (m)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Zeus (m)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Hades (m)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Kittens		
Apollo (m)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Atlas (m)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Artemis (v)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Asteria (v)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Afrodite (v)	Kleur(en): zwart / rood / wit Verdunning: ja / nee Patroon: effen / gestreept / gevlekt	Kleur: Verdunning: Patroon:
Aantekeningen		

Oefenen met een dihybride kruising:

Xantippe en Socrates, de ouders van Zeus, hebben het volgende genotype: SsDd en SsDd. Ook zijn beide ouderkatten geheel rood.

1. Bepaal met behulp van een dihybride kruisingsschema hoeveel procent kans elke nakomeling heeft op hetzelfde fenotype als Zeus (een onverdunde rode vacht met witte vlekken).

2. Bepaal met behulp van hetzelfde schema wat de kans is op een lichtoranje kat zonder witte vlekken. Beschrijf de kans met behulp van een breuk, een percentage én een getal met twee cijfers achter de nul (zoals 0,14).

P:	♀ (Xantippe)	X	♂ (Socrates)	
Fenotype:				
Genotype:				
Geslachtscellen:				
♀	♂			

Meiose en gekoppelde genen

3. Bekijk de meiose op http://www.bioplek.org/sheets/sheet_meiosemitose1.html.

a. Leg uit dat niet-gekoppelde genen bij de meiose wel worden gemixt (gerecombineerd), maar gekoppelde genen niet.

b. Zoek op http://www.bioplek.org/4ath/4ath_stw3_blad8_erf.html op wat de term crossing-over betekent.

c. Leg uit hoe 'crossing-over' de recombinitie van gekoppelde genen beïnvloedt.

Opdracht: stamboomonderzoek naar gekoppelde genen

Ruimte voor het uitwerken van het stamboomonderzoek:

Lege kruisingschema's

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

P- generatie: ♀ X ♂

Genotype:

Geslachtscellen:

♀ ♂		

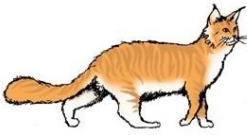
P:	♀	X	♂		
Fenotype:					
Genotype:					
Geslachtscellen:					
♀	♂				

P:	♀	X	♂		
Fenotype:					
Genotype:					
Geslachtscellen:					
♀	♂				


3.6 Afsluiting

Achterin deze handleiding staat een termenlijst. Achter iedere term kun je in eigen woorden een omschrijving geven van de term. Zijn er al termen die je nu kunt invullen?

Witte vlekken in de vacht



Wel witte vlekken
Genotype: Ss

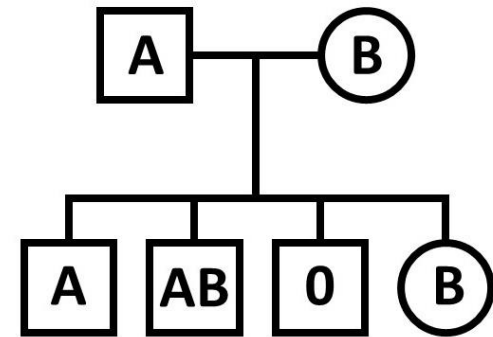


Geen witte vlekken
Genotype: ss

Allel S =

Allel s =

Bloedgroep ABO

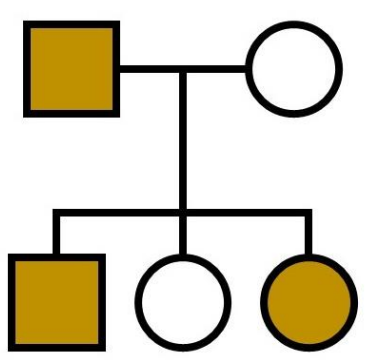


Allel A =

Allel B =

Allel O =

Oorsmeer

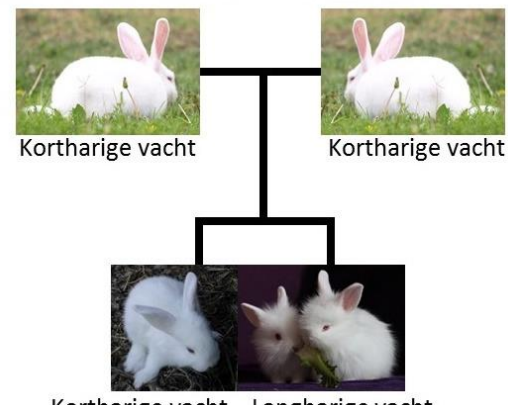


Gekleurde personen in de stamboom hebben nat oorsmeer.

Allel nat =

Allel droog =

Vacht bij konijnen



Allel kort haar (H) =

Allel lang haar (h) =

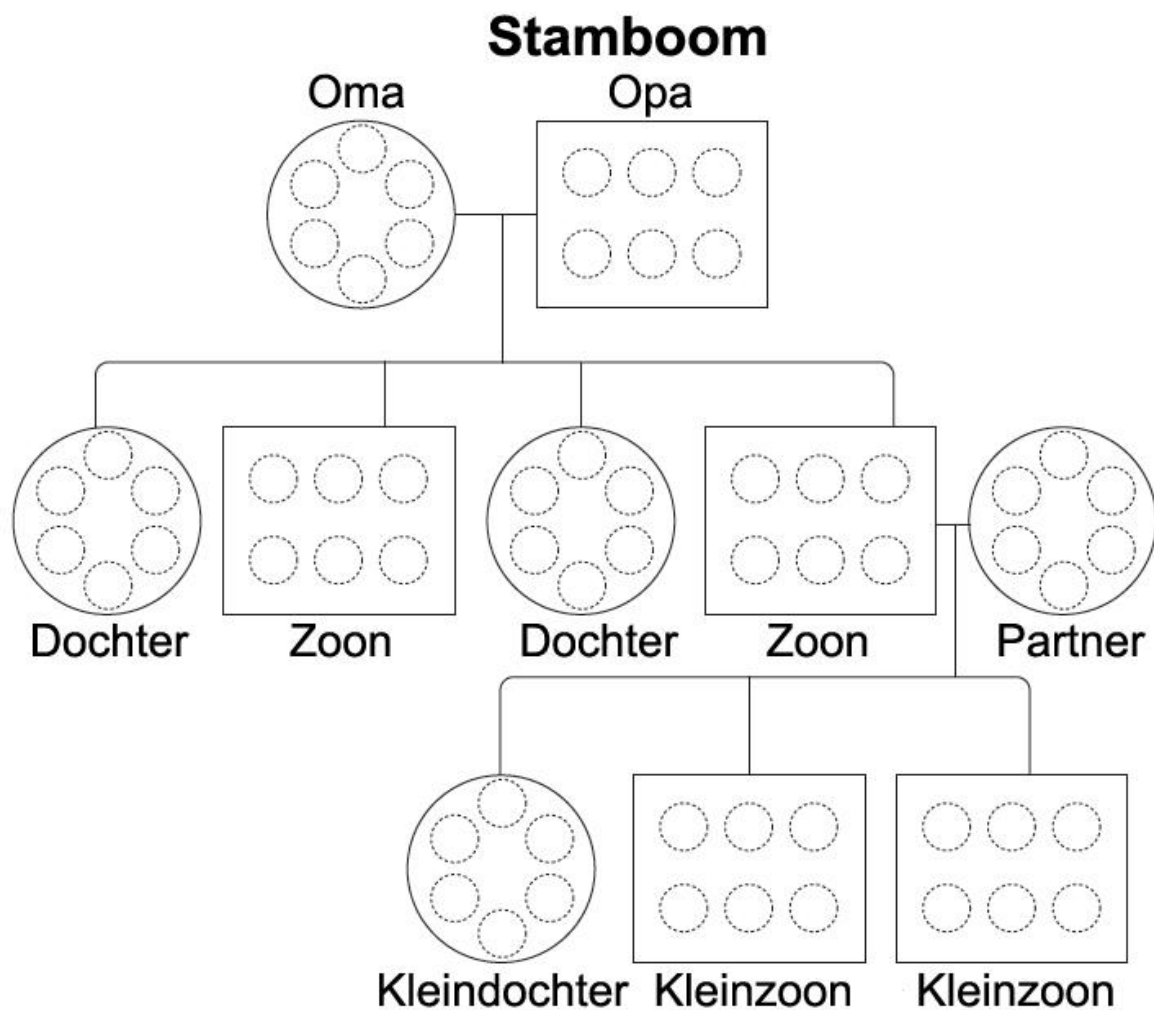
4. Hoe komen genen tot uiting?

4.1 Conceptmap

	Aantal betrokken genen (één/meerdere)	Invloed van omgevingsfactoren? (geen/weinig/veel)	Voorspelbaarheid (laag/hog)	Voorkomen (weinig tot vaak)
Monogene eigenschappen				
Polygene eigenschappen				
Multifactoriële eigenschappen				

Neem de conceptmap op <http://prezi.com/tulw1m9y2ipi/> door en vul de tabel hierboven aan. Bekijk ook weer de termenlijst achterin deze handleiding om te kijken of je nog termen kunt aanvullen.

4.2 Wat is het risico?



4.3 Wat betekent risico eigenlijk?

Ga met de hele klas in een lange rij staan en volg de instructies van je docent op.

Beantwoord na afloop de volgende vragen:

1. Had jij genetisch gezien een hoog, gemiddeld of laag risico op hartfalen?

2. Wat was de bijdrage van jouw levensstijl aan jouw risico op hartfalen?

3. Kreeg je uiteindelijk hartfalen? Ja / Nee

4. Leg uit dat een persoon met een hoog risico om hartfalen te ontwikkelen, niet perse hartfalen krijgt.

5. Is het mogelijk dat je met een laag risico toch hartfalen ontwikkelt?

6. Hoeveel procent van de klas kreeg uiteindelijk hartfalen?

Als jouw klas als steekproef zou gelden voor de Nederlandse bevolking, zou hetzelfde percentage gelden voor alle Nederlanders.

In Nederland hebben zo'n 970.000 mensen diabetes type 2. Dit is een ziekte waar zowel genetische als omgevingsfactoren bij komen kijken.

7. In Nederland wonen 16,8 miljoen mensen. Hoeveel procent ontwikkelt diabetes type 2?

8. Leg uit dat dit niet betekent dat iedereen in Nederland hetzelfde risicopercentage heeft (antwoord vraag 7) om diabetes type 2 te ontwikkelen.

9. Kan iemand met een hoog genetisch risico op het ontwikkelen van diabetes type 2 zijn risico verkleinen door zijn leefstijl aan te passen? Leg uit.

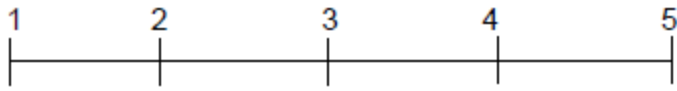
10. Kan iemand met een extreem slechte leefstijl toch gezond blijven wat betreft diabetes type 2? Leg uit.

11. Geef van ieder van bovenstaande vragen aan of dit een vraag is die het organismeniveau (1 kruisje: x) of het populatie niveau (2 kruisjes: xx) betreft.

5. Wat kan een gentest mij vertellen?

5.1 Genetische keuring bij topsport

1. Kruis je positie aan op deze lijn.

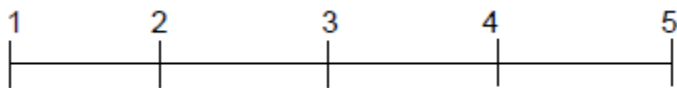


1 = een heel slecht idee
2 = een slecht idee
3 = een twijfelachtig idee
4 = een goed idee
5 = een heel goed idee

a. Welke overwegingen heb je hierbij?

b. Welke vragen heb je hierbij?

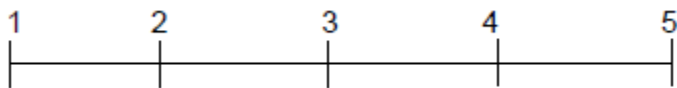
2. Kruis je positie aan op deze lijn, na het bekijken van het filmpje over Antonio Puerta.



a. Welke overwegingen heb je hierbij?

b. Welke vragen heb je hierbij?

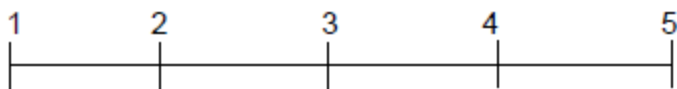
3. Kruis je positie aan op deze lijn, na het bekijken van het filmpje over Domenico Fioravanti.



a. Welke overwegingen heb je hierbij?

b. Welke vragen heb je hierbij?

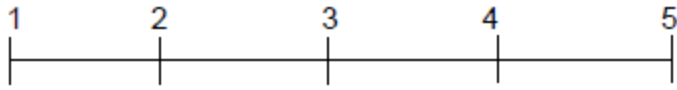
4. Kruis je positie aan op deze lijn, na het bekijken het filmpje over de DNAFit-test.



a. Welke overwegingen heb je hierbij?

b. Welke vragen heb je hierbij?

5. Wat is je uiteindelijke oordeel over genetische keuring in topsport? Kruis je positie aan op deze lijn.



6. Wat is er veranderd aan je overwegingen sinds je eerste antwoord bij A?

5.2 GENGIFT

Stichting Leve DNA! biedt jou, omdat je meedoet aan deze lesmodule, een cadeaubon aan ter waarde van een genetische test. Hieronder is de bon afgebeeld. Kruis aan welke test(en) jij zou willen laten uitvoeren. Vergeet niet om, als je jonger bent dan 18, je ouders toestemming te vragen!

GENGIFT

Gefeliciteerd! Dit is een cadeaubon voor een gratis test van uw erfelijk materiaal. U kunt aankruisen welke testen u zou willen laten uitvoeren, meerdere opties zijn mogelijk.

<input type="checkbox"/> Huidtypetest om uw huidtype te bepalen, zodat u uw verzorgingsproducten hierop kunt aanpassen.	<input type="checkbox"/> Sporttest om aan de hand van uw genetische aanleg te bepalen of u een duursporter of sprinter bent.	<input type="checkbox"/> Antidepressie om de kans op een depressie en de gevoeligheid voor antidepressiva (SSRI's) te bepalen.	<input type="checkbox"/> PKU dragerschap voor paren met kindervens om te weten of ze een verhoogde kans hebben op een kind met Phenylketonurie.
<input type="checkbox"/> Partner test om uw perfecte genetische partnermatch te vinden.	<input type="checkbox"/> Gezondheidstest om gezondheidsrisico's in kaart te brengen en de gevoeligheid voor tal van medicijnen te bepalen.	<input type="checkbox"/> Diabetestest om te achterhalen of u een verhoogd risico heeft op diabetes type II.	<input type="checkbox"/> Sikkelcelziekte voor paren met kindervens om te weten of ze een verhoogde kans hebben op een kind met Sikkelcelziekte.
<input type="checkbox"/> Anti-aging test om zwakke punten te vinden in het DNA en hierop uw dieet aan te passen om u langer fit en jong te voelen.	<input type="checkbox"/> BRCA-test om te achterhalen of u een verhoogd risico heeft op erfelijke borstkanker.	<input type="checkbox"/> Obesitastest om uw genetische barrières te overwinnen en zo af te vallen.	<input type="checkbox"/> CF dragerschap voor paren met kindervens om te weten of ze een verhoogde kans hebben op een kind met Cystic Fibrosis.
<input type="checkbox"/> Telomeren test om uw biologische leeftijd te weten te komen.	<p>Explore your genes, improve your life!</p>		
<input type="checkbox"/> SNP risicoprofiel Uw DNA wordt getest op honderden variaties waaruit een genetisch profiel wordt opgesteld. Hierin kunt u uw risico voor tal van aandoeningen, dragerschap voor bepaalde ziektes, gevoeligheid voor een aantal medicijnen en verschillende eigenschappen (van type oorsmeer tot mogelijkheid om bitter te proeven) inzien.	<input type="checkbox"/> Exome sequencing al uw genen worden afgelezen waardoor het mogelijk is om uw gehele genetische profiel in kaart te brengen. U kunt uw DNA naast alle nieuwe ontdekkingen in de wetenschap leggen.		



1. Hoeveel testen had je aangekruist? En hoeveel testen hebben jouw klasgenoten aangekruist?

2. Heb jij, in verhouding tot je klasgenoten, veel of weinig testen aangekruist?

3. Wat is jouw reden/zijn jouw redenen om veel of weinig testen aan te kruisen?

4. In de cadeaubon worden 17 testen aangeboden. Álle testen bestaan! Toch wordt de ene test alleen aangeboden door commerciële bedrijven en de andere test via het ziekenhuis. Noteer in onderstaande lijst achter iedere test of jij denkt dat hij door een commercieel bedrijf of door een ziekenhuis wordt aangeboden. (De laatste twee kolommen in de tabel vul je bij vraag 5 in)

	Door commercieel bedrijf	Door ziekenhuis	Absoluut	Risico
Huidtypetest				
Partnertest				
Anti-aging test				
Telomerentest				
Sporttest				
Gezondheidstest				
BRCA-test				
Alzheimerstest				
Antidepressietest				
Diabetestest				
Obesitastest				
PKU-dragerschapstest				
Sikkelziekte-dragerschapstest				
CF-dragerschapstest				
NIPT				
SNP risicoprofiel				
Exome sequencing				

5. De testen genoemd op de cadeaubon zijn verschillend van aard. Dat kun je bijvoorbeeld afleiden aan de uitslag van zo'n test. De ene test geeft een absoluut resultaat (je hebt het of je hebt het niet), en andere testen geven een risico (verhoogde of verlaagde kans op het krijgen van de eigenschap/aandoening). Geef in de laatste twee kolommen van bovenstaande lijst wat voor uitslag je bij iedere test verwacht.

Uitgelicht: de partnertest

6. In de tweede rij, eerste kolom, staat een 'Partnertest' omschreven. Dit is een test van het Amerikaanse bedrijfje 'GenePartner'.

a. Leg in eigen woorden het onderzoek uit dat ter inspiratie diende voor het oprichten van GenePartner.

b. Op welk chromosoom liggen de HLA-genen? En om ten minste hoeveel genen gaat het?

Er zijn meer dan een miljoen verschillende combinaties van HLA-allelen op beide chromosomen mogelijk!

c. Op basis waarvan bepaalt GenePartner of je wel of geen match met iemand hebt?

d. Wat is volgens Genepartner de evolutionaire reden dat mensen om die reden (antwoord van vraag 6c) zich tot elkaar aangetrokken voelen?

De partnertest van GenePartner geeft geen uitslag over hoe jij en jouw (potentiele) partner op andere vlakken bij elkaar passen.

d. Zou jij een partnertest willen uitvoeren op jou en je (potentiele) partner? Licht je keuze toe.

(ook in Nederland) die sporttesten aanbieden. De ene test is uitgebreider dan de andere. 'Atlasgene' bijvoorbeeld biedt een test aan voor het gen ACTN3. Meer informatie is te vinden in hun online brochure.

a. Hoe heet het eiwit waar het ACTN3-gen verantwoordelijk voor is?

'Atlasgene' beweert dat van dit gen een allel (*variant*) bestaat waardoor je een betere aanleg voor duursporten hebt als je dit allel twee keer hebt. Als je de variant niet bezit, ben je juist beter in sprintsporten.

b. Wat is je genetische aanleg voor sport als je één variant hebt, en één 'gewoon' allel?

De variatie waarin in de brochure wordt gesproken is een puntmutatie (=een verandering van één base). De 18705^e base in het gen is een T (of U) in plaats van een C. Hierdoor wordt het codon voor het aminozuur Arginine vervangen door een stopcodon.

c. Zoek, met behulp van de codontabel, op in welk codon de verandering heeft plaatsgevonden.

d. Wat is het effect van deze verandering in het DNA op de werking van het eiwit?

Het ACTN3-eiwit is een actine dat voorkomt in skeletspieren. Het eiwit functioneert alleen in zogenoemde 'snelle spieren'. Deze 'snelle spieren' kunnen snel samentrekken en leveren veel kracht, maar geen niet zo efficiënt met zuurstof om. Daar tegenover staan 'langzame spieren' die juist lang mee gaan, omdat ze wel efficiënt zuurstof kunnen gebruiken voor het genereren van energie. De conclusie hieruit is dat iemand met genotype AA (twee keer een functionerend eiwit) meer 'snelle spieren' heeft dan iemand met genotype XX (twee keer een niet-functionerend eiwit).

e. Kun je op basis van een DNA-test van ACTN3 zeggen of iemand een betere duur- of sprintporter is? Leg je antwoord uit met behulp van de termen *omgevingsfactoren* en *gen-interactie*.

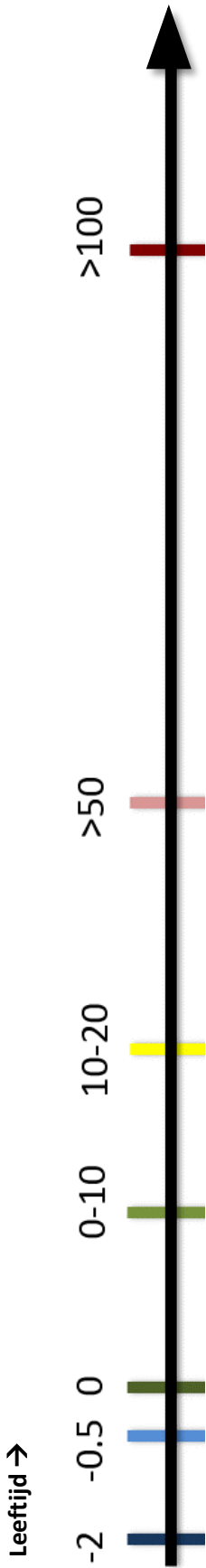
Genetische testen langs de levenslijn

8. In het leven kun je nu al verschillende genetische testen tegen komen. Op het werkblad op de volgende bladzijde staan een aantal testen beschreven en staat een levenslijn getekend. Knip de testen uit van het werkblad en plak ze op de levenslijn.

NB: De hielprik wordt nu nog gedaan op basis van eiwit- en metaboliëtbepalingen, maar de verwachting is dat deze gauw wordt vervangen door DNA-onderzoek.

Werkblad opdracht 5.2 – 8. Genetische testen langs de levenslijn

Genetische testen:



Hielprik

van de pasgeboren baby wordt bloed afgenomen waaruit het DNA wordt geëxtraheerd. In het DNA wordt vervolgens gezocht naar een specifieke lijst van erfelijke ziektes. Ook dragerschap van die ziektes wordt bekend.

Ziekte preventie

Door jouw risico voor ziektes zoals borstkanker of diabetes te weten, kun je preventieve maatregelen nemen.

Farmacogenetische test

met een genetische test kun je bepalen of je vatbaar bent voor een bepaalde medische behandeling, of de dosis van medicijnen aanpassen. Hierdoor worden neveneffecten van medicijnen en behandelingen gereduceerd.

Dragerschapstest

een genetische test waaruit blijkt of je drager bent van een genetische aandoening. Deze testen zijn voor vele verschillende aandoeningen te verkrijgen, veelal op doorverwijzing van de huisarts of verloskundige.

NIPT

een Niet Invasieve Prenatale Test, waarbij het DNA van de foetus wordt bekeken op extra aanwezigheid van chromosomen 13, 18 en 21.

De novo screening

wanneer je (vaak kinderen) een onbegrepen aangeboren afwijking hebt, wordt je DNA door het ziekenhuis afgelezen en onderzocht op afwijkingen. Dit wordt gedaan door het DNA van het kind te vergelijken met het DNA van de ouders (de ouders mankeren vaak niets) en te zoeken naar verschillen.

Veroudering

Op basis van jouw DNA-profiel kun je je voeding en lichaamsbeweging aanpassen. Maar ook je vitamine-behoefte en anti-veroudering crèmes kiezen.

(Bij dubbelzijdig printen is dit de achterzijde van werkblad 5.2)

Prenatale diagnostiek

9. Zwangere vrouwen kunnen aan het begin van hun zwangerschap een combinatietest doen om te achterhalen of hun ongeboren kindje een verhoogd risico heeft om het syndroom van Down, het Edward syndroom of het Patau syndroom te krijgen. Deze syndromen worden veroorzaakt doordat het erfelijk materiaal van chromosoom 21, 18 of 13 in drievoud voorkomt. Ongeveer 46 van de 100.000 pasgeborenen hebben het syndroom van Down. Hoe ouder de moeder hoe hoger het risico op een kindje met het syndroom van Down.

Bij een combinatietest worden twee dingen gedaan: een bloedonderzoek naar zwangerschaps-hormonen bij de moeder, en een nekplooi meting van de foetus met behulp van een echo. Beide resultaten worden gecombineerd in een risicoberekeningsprogramma. De uitslag is een kans dat het kind het syndroom van Down krijgt. Er wordt gesproken van een verhoogde kans bij 1 op 200 (dus: van de 200 zwangeren met dit risico krijgt één vrouw een kindje met het syndroom van Down).

a. Heeft een zwangere vrouw zonder verhoogde kans op een kindje met het syndroom van Down zekerheid dat het kindje het syndroom niet heeft? Leg uit.

Bij een verhoogde kans wordt vervolgonderzoek aangeraden. De aanstaande ouders mogen zelf kiezen of en welk vervolgonderzoek ze zouden willen doen. Voorheen had je keuze uit twee verschillende vervolgonderzoeken mogelijk in Nederland: een vlokentest of vruchtwaterpunctie. Beide onderzoeken zijn invasief, dat wil zeggen dat er een instrument ingebracht wordt en dat daar risico's aan verbonden zijn.

Beantwoord vraag b en c met behulp van online informatie van het ErasmusUMC (bladzijde 8 en 9).

b. Vlokentest:

1. Waarvan wordt een monster genomen voor een vlokentest?

2. Wat wordt vervolgens in dit monster onderzocht?

3. Wat zijn de risico's die verbonden zijn aan de vlokentest?

4. Hoe betrouwbaar is de uitslag?

c. Vruchtwaterpunctie:

1. Waarvan wordt een monster genomen voor een vruchtwaterpunctie?

2. Wat wordt vervolgens in dit monster onderzocht?

3. Wat zijn de risico's die verbonden zijn aan de vruchtwaterpunctie?

4. Hoe betrouwbaar is de uitslag?

Sinds april 2014 kunnen zwangere vrouwen een NIPT test doen in Nederland. Dit is een niet invasieve prenatale test waarbij wordt gekeken naar het DNA van de foetus. Specifiek wordt er gekeken of er meer dan twee chromosomen aanwezig zijn van chromosomen 21 (Down syndroom), 18 (Edward syndroom) of 13 (Patau syndroom).

Het principe van NIPT berust op het feit dat cellen van de placenta in het bloed van de zwangere vrouw zijn te vinden. Deze kunnen al met 7 weken zwangerschap gedetecteerd worden (test mag echter pas bij 10 weken worden uitgevoerd).

d. Leg uit dat NIPT, in tegenstelling tot de vruchtwaterpunctie en vlokentest, niet invasief is.

De NIPT-test is niet voor 100% betrouwbaar. Voor het syndroom van Down geeft de test 99% zekerheid, voor het Edward syndroom 97% zekerheid en voor het Patau syndroom 92% zekerheid. Als de uitslag negatief is (geen verdubbelingen van chromosomen) is de betrouwbaarheid 99,9%. De uitslag van een NIPT-test kan ook 'vals positief' zijn.

e. Wat betekent 'vals positief'?

Als de zwangere vrouw zeker wil zijn of haar kindje een syndroom heeft, moet zij bij een positieve uitslag van de NIPT test alsnog een invasieve test laten uitvoeren. Alleen op die manier is meer zekerheid te verkrijgen.

f. Welke test(en) zouden jouw voorkeur hebben als je zou willen weten of jouw kindje het syndroom van Down heeft?

g. Achterin deze handleiding staat een termenlijst. Achter iedere term kun je in eigen woorden een omschrijving geven van de term. Zijn er termen die je nu kunt invullen?

7. Waarmee krijgen we in de komende jaren te maken?

1. Lars het voetbaltalentje

a. Van wie of wat wordt het DNA gemeten? En uit welk weefsel komt dit DNA?

b. Wordt er een monogene, polygene en/of multifactoriële eigenschap onderzocht?

c. Wat voor soort uitslag verwacht je uit de test?

d. Hoe realistisch is de geschetste situatie? Hoe lang denk je dat het nog duurt voordat een dergelijke situatie daadwerkelijk realiteit is?

2. Lyme-test bij de Kruidvat

a. Van wie of wat wordt het DNA gemeten? En uit welk weefsel komt dit DNA?

b. Wordt er een monogene, polygene en/of multifactoriële eigenschap onderzocht?

c. Wat voor soort uitslag verwacht je uit de test?

d. Hoe realistisch is de geschetste situatie? Hoe lang denk je dat het nog duurt voordat een dergelijke situatie daadwerkelijk realiteit is?

3. Je zus aan het DNA-daten

a. Van wie of wat wordt het DNA gemeten? En uit welk weefsel komt dit DNA?

b. Wordt er een monogene, polygene en/of multifactoriële eigenschap onderzocht?

c. Wat voor soort uitslag verwacht je uit de test?

d. Hoe realistisch is de geschetste situatie? Hoe lang denk je dat het nog duurt voordat een dergelijke situatie daadwerkelijk realiteit is?



Je bent nu klaar met de lesmodule over erfelijkheid en genetica. Vond je het interessant? Misschien wil je over één van de onderwerpen die de afgelopen weken voorbij zijn gekomen wel je profielwerkstuk maken. Of wil je een eigen DNA-onderzoekje opstarten.

Dat kan!

Via stichting Leve DNA! Kijk op de website www.levedna.nl en neem contact op via info@levedna.nl.

Misschien zien we elkaar dan wel in levende lijve!

8. Termenlijst

In onderstaande tabel staan alle examentermen die in deze lessenserie worden behandeld. Probeer iedere term in je eigen woorden te omschrijven, zodat je hier over paar weken, maanden of jaren kunt opzoeken wat het ook alweer betekende. Dit is tevens een goede oefening om te kijken of je alle termen hebt begrepen en goed voorbereid aan de toets kunt beginnen.

In de tabel staan enkele termen **vetgedrukt**. Dit zijn geen examentermen, maar komen we in de toets als afsluiting bij dit thema terug. Het is belangrijk om ook die termen te leren.

In de tabel staan ook enkele termen *schuingedrukt*. Dit zijn termen die je nog niet hoeft te kennen, die komen in de zesde klas terug. Je kunt eventueel alvast op internet uitzoeken wat die termen betekenen.

Genoom	
Chromosoom	
Gen	
Allel	
Locus	
Genotype	
Fenotype	
Milieu	
Meiose = reductiedeling	
Celfusie = bevruchting	
Gameten = geslachtscellen	

P –generatie	
F ₁ -generatie	
F ₂ -generatie	
Dominant	
recessief	
Onvolledige dominantie = intermediair	
Multipele allelen	
X-chromosomale overerving	
<i>Mitochondriale overerving</i>	
Monogene overerving	
Polygene overerving	
Multifactoriële overerving	
Monohybride	
Dihybride	
Polyhybride	

Onafhankelijke overerving	
Gekoppelde overerving (= afhankelijke overerving)	
<i>Crossing-over</i>	
Stamboom	
Kruisingsschema	
Haploïd	
Diploïd	
Homozygoot	
Heterozygoot	
<i>Hemizyoot</i>	
Geslachtschromosomen (en geslachtsbepaling)	
Autosomen	
Drager	
Inteelt	
Lethale factor	

Prenatale diagnostiek: vruchtwaterpunctie en vlokkentest	
Prenatale diagnostiek: NIPT	
<i>Epigenetica</i>	
<i>Methylering</i>	