



Thema 5 'Erfelijkheid'



Naam : _____
Klas : _____



Inhoudsopgave

Paragraaf 1 Genotype en fenotype	blz. 3 - 4
Paragraaf 2 Homologe chromosomen	blz. 5 t/m 8
Paragraaf 3 Geslachtelijke voortplanting	blz. 9 - 10
Paragraaf 4 Dominant en recessief	blz. 11 t/m 13
Paragraaf 5 Homozygoot en heterozygoot	blz. 14 - 15
Paragraaf 6 Werkwijze	blz. 16 - 17
Paragraaf 7 Monohybride kruisingen	blz. 18 t/m 22
Paragraaf 8 Stambomen	blz. 23 t/m 27
Paragraaf 9 Meerdere allelen	blz. 28 t/m 31
Paragraaf 10 Mutaties	blz. 32 t/m 34
Paragraaf 11 Evolutie	blz. 35 t/m 37



In 1953 ontdekten de natuurwetenschappers James Watson en Francis Crick de structuur van het DNA. In 1962 kregen Crick en Watson de Nobelprijs uitgereikt voor hun ontdekking.



Paragraaf 1 Genotype en fenotype

Opbouw paragraaf 1:

- Lees in je tekstboek basisstof 1 over genotype en fenotype op blz.8, 9 en 10 goed door.
- Maak in je werkboek de opdrachten 1 t/m 4 op blz. 4 t/m 7.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde.

Reproductie vragen

1. Wat is het genotype?

.....
.....
.....

2. Beschrijf wat chromosomen zijn?

.....
.....
.....

3. Wat is het fenotype?

.....
.....
.....

4. Van welke twee factoren hangt het fenotype van een organisme af?

.....
.....
.....

Toepasvragen (1)

5. Als een bevruchte eicel uitgroeit tot een kind, vinden daarbij veel celdelingen plaats. Verandert bij deze celdelingen het genotype van de cellen?

.....

Een meisje van 15 jaar krijgt een ongeluk met haar fiets.

Ze valt hard op de grond en uiteindelijk blijft er een litteken zichtbaar op haar huid. Ze is bang dat als ze later kinderen krijgt haar kinderen ook dit litteken hebben.

6. Leg uit dat dit niet waar is.

.....
.....
.....
.....

7. Hoeveel chromosomen bevat een huidcel van de Chimpanse?

.....

8. Hoeveel chromosomen bevat een zaadcel van een hond?

.....

9. Hoeveel paren chromosomen heeft de mens?

.....

10. Hoeveel paren chromosomen heeft een tulp?

.....

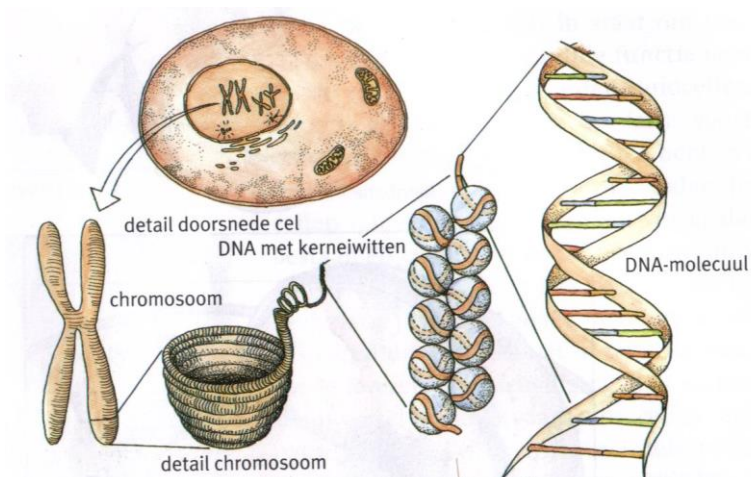
Soort	aantal chromosomen
Mens	46 (vóór 1950 dacht men 48)
Fruitvliegje	8
Chimpansee	48
Hond	78
Paard	64
Kikker	26
Tulp	24
Maïs	20
Ui	16
Erwt	14
huisvlieg	12
cavia	64



Begrippenlijst Paragraaf 1:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

Begrippen	Omschrijving
Fenotype	
Genotype	
Chromosomen	
DNA	
Lichaamscellen	
Geslachtscellen	
Invloeden uit het milieu	





Introductie in de erfelijkheid

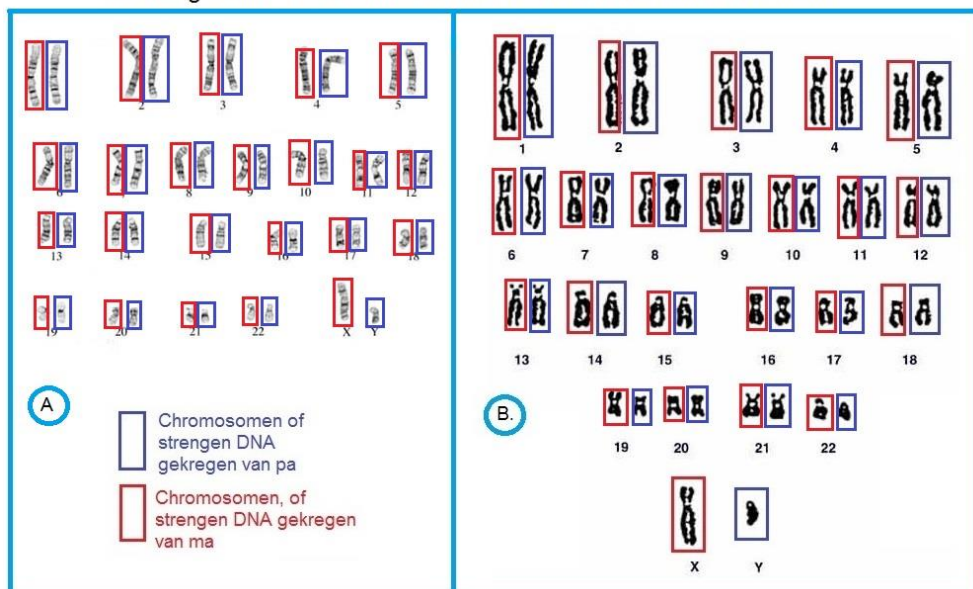
Homologe chromosomen

In deze les maken we een start met erfelijkheidsvraagstukken. Je weet dat in de cellen van de mens 46 chromosomen zitten. Op deze 46 chromosomen liggen alle erfelijke eigenschappen waar een mens uit is opgebouwd. Verdeeld over de 46 chromosomen liggen ongeveer 20.000 erfelijke eigenschappen. Chromosomen komen voor in paren. In elke cel van je lichaam zitten 46 chromosomen en dus 23 paar chromosomen. De chromosomen die een paar vormen noemen we homologe chromosomen. Je kan deze homologe chromosomen vergelijken met de linker en rechter schoen van een paar schoenen. De celkern kan je dan het beste vergelijken met een mooie **schoenenkast** met daarin 23 paar schoenen.



In de onderstaande afbeelding zie je in de afbeeldingen A en B de chromosomen uit de cellen van de mens weergegeven. Zo'n afbeelding met alle chromosomen netjes geordend in paren en van groot naar klein noemen we een karyogram. Je ziet twee karyogrammen omdat de chromosomen vaak op twee verschillende manieren worden weergegeven. In beide karyogrammen kan je zien dat de 46 chromosomen zijn opgebouwd uit 23 paar homologe chromosomen. De eerste 22 paren zijn netjes genummerd van 1 tot 22. Het laatste chromosomenpaar hebben de letters X of Y. Van elk chromosomenpaar is er één afkomstig uit de zaadcel van je vader en één afkomstig uit de eicel van je moeder. Van de 46 chromosomen krijg je er 23 van je moeder en 23 van je vader.

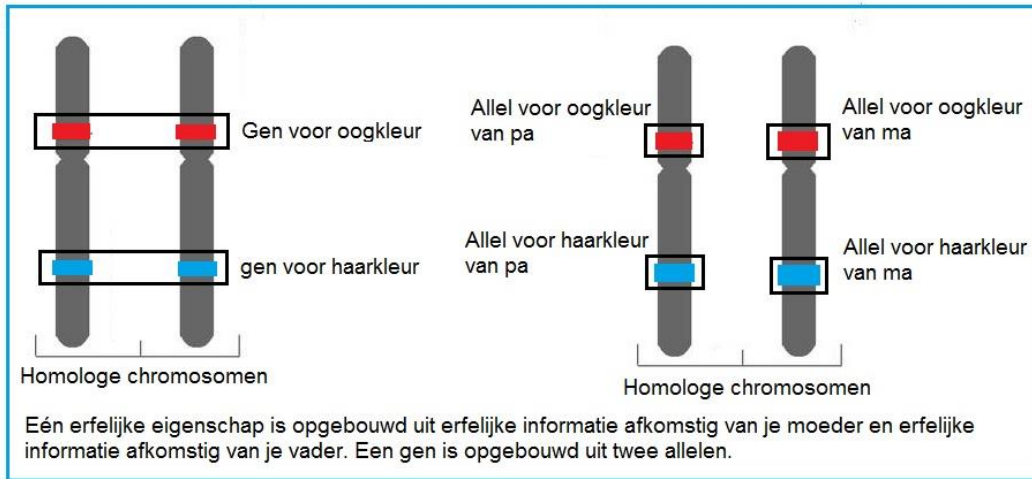
Homologe chromosomen in de cellen van de mens. En hun herkomst





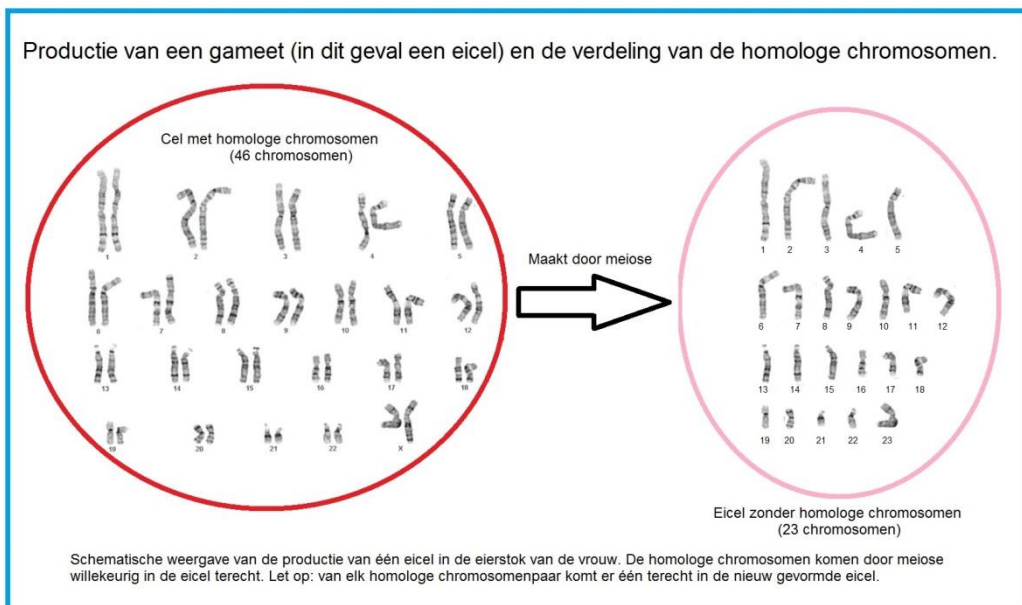
Genen en allelen

Al eerder is geschreven dat alle 20.000 erfelijke eigenschappen op de chromosomen liggen. Een ander woord voor één erfelijke eigenschap is een gen. In onderstaande afbeelding zie je een aantal chromosomen weergegeven met daarop aangegeven een klein aantal van de 20.000 erfelijke eigenschappen waaruit mensen zijn opgebouwd. Wat opvalt is dat een gen ligt op het chromosoom dat je van je pa hebt gekregen en op het chromosoom dat je van je moeder hebt gekregen. Je krijgt dus van je vader erfelijke informatie over je oogkleur en van je moeder. Ook krijg je van beide ouders erfelijke informatie over de kleur van je haar, de lengte van je neus en je lengte van je benen. Eén gen is dus opgebouwd uit een stukje erfelijke informatie van pa en een stukje erfelijke informatie van ma. Deze stukjes noemen we allelen. Eén gen is opgebouwd uit twee allelen.



Eicel en zaadcel productie.

In de cellen van (bijna) elk organisme komen de chromosomen in paren voor. De gameten (zaadcel en eicel) vormen daarop een uitzondering. Een ingewikkeld delingsproces dat meiose heet heeft ervoor gezorgd dat in de eicellen van de vrouw en in de zaadcellen van de man de chromosomen nog maar enkelvoudig voorkomen. De homologe chromosomen worden bij de productie van de eicel en de zaadcellen eerlijk over de de gameten verdeeld. Elke gameet krijgt uiteindelijk 23 chromosomen. Indien een zaadcel dan weer versmelt met de eicel ontstaat er weer een bevruchte eicel met 46 chromosomen waarin de chromosomen weer voorkomen in paren.





Paragraaf 2 Homologe chromosomen

Opbouw Paragraaf 2:

- Lees in het erfelijkheidsboekje blz. over goed door.
- Maak in je werkboek de opdrachten 1 t/m 4 op blz. 4 t/m 7.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde.

Reproductie vragen:

1. Wat zijn homologe chromosomen?

.....
.....
.....

2. Wat zijn genen en allelen?

Genen zijn:

Allelen zijn:

3. Hoeveel genen heb je voor één erfelijke eigenschap?

4. Hoeveel allelen heb je voor één erfelijke eigenschap?

5. Wat zijn gameten?

Toepasvragen (1)

6. Hebben alle levercellen van een vrouw hetzelfde genotype of hebben ze verschillende genotype? Leg je antwoord uit.

.....
.....
.....

In het lichaam van een gezond mens onderscheidt men een groot aantal verschillende cellen. Voorbeelden hiervan zijn:

- a) beenmergcellen
 - b) levercellen
 - c) spiercellen
7. Welk van deze cellen bevat of welke cellen bevatten het gen voor het maken van bloedcellen?

.....
.....
.....

Homologe chromosomen

Homologe chromosomen

12

In de lichaamscellen van de meeste organismen komen de chromosomen voor in paren. De zogenaamde homologe chromosomen



Begrippenlijst Paragraaf 2:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

Begrippen	Omschrijving
Homologe chromosomen	
Genen	
Allelen	
Gameten	



Paragraaf 3 Geslachtelijke voortplanting

Opbouw paragraaf 3:

- Lees in je tekstboek basisstof 3 over geslachtelijke voortplanting op blz. 14, 15 en 16 goed door.
- Maak in je werkboek de opdrachten 8 en 9 op blz. 10 t/m 11.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde.

Reproductie vragen:

1. Op welk moment komt het genotype van een baby tot stand?

2. Krijgen de nakomelingen bij geslachtelijke voortplanting hetzelfde genotype als de ouders of krijgen ze andere genotypen? Leg je antwoord uit.

3. Hebben alle eicellen van een vrouw hetzelfde genotype of hebben ze verschillende genotype?

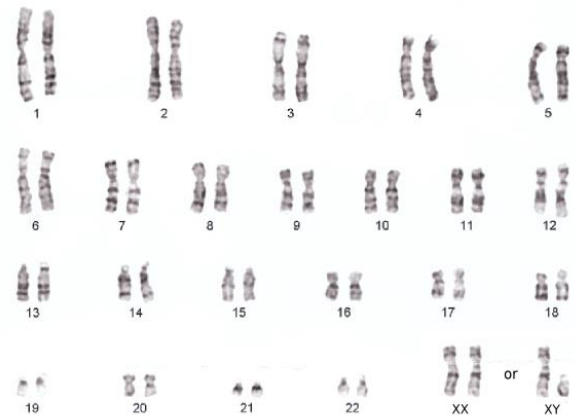
4. Hebben tweelingen dezelfde of verschillende genotype? Leg je antwoord uit.

Toepasvragen:

De ziekte van Duchenne

In tabel 1 in je boek staat dat mensen 46 chromosomen hebben in elke celkern. Deze liggen geordend in paren (zie karyogram hiernaast)

5. Hoeveel chromosoomparen zitten er in elke celkern? -----
6. Leg uit hoeveel chromosomen een eikel en een zaadcel bevatten. -----



Op de erfelijkheidsafdeling van een ziekenhuis komt er jongentje van 8 jaar die mogelijk de spierziekte Duchenne heeft. Om dit zeker te weten willen de onderzoekers een karyogram maken zoals afgebeeld is hierboven.

Ga door op de volgende pagina



Ze nemen enkele wangslimvliescellen af en laten deze cellen vermeerderen (delen). Daarna kunnen ze een karyogram maken. Ze ontdekken dat hij inderdaad de erfelijke ziekte Duchenne heeft.

7. Een erfelijke ziekte is niet hetzelfde als een aangeboren afwijking. Leg het verschil uit. -----

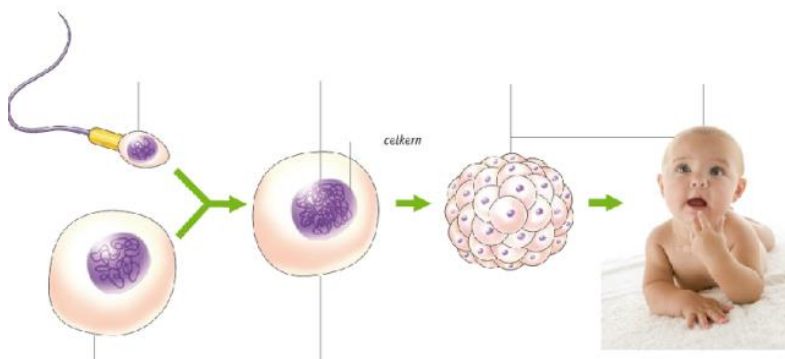
De ziekte van Duchenne of spierdystrofie van Duchenne (DMD) wordt veroorzaakt door een mutatie op een bepaald chromosoom. Door de mutatie wordt er een bepaald eiwit (dystrofine) niet goed gemaakt in de spiercel. Hierdoor functioneren de spieren niet zoals het zou moeten en is er sprake van een verminderde spierkracht. Vaak ziet men een verminderde spierkracht en kunnen kinderen lastig opstaan.

8. Bij erfelijkheid spelen de concepten *genotype* en *fenotype* een rol. Maak met behulp van de bovenstaande tekst duidelijk wat we bedoelen met deze twee termen.-----

Begrippenlijst Paragraaf 3:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

Begrippen	Omschrijving
Geslachtelijke voortplanting	
Gameten	

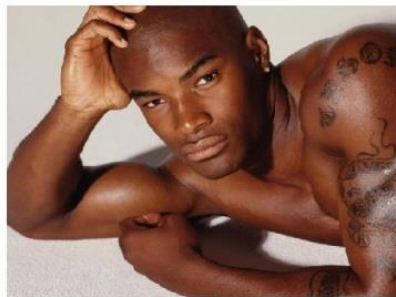




Dominant en recessief

Allelen van erfelijke eigenschappen kunnen dominant zijn of recessief. Als in een organisme een dominant allel en een recessief allel voor één eigenschap samenkomen, dan komt in dat betreffende organisme altijd het dominante allel tot uiting in het uiterlijk (fenotype) van het organisme. Je kunt ook zeggen: het dominante allel speelt de baas over het recessieve allel. Voor de erfelijke eigenschap huidskleuren zijn vele allelen bekend, maar laten we net even doen alsof er één allel is voor een bruine huidskleur en één allel voor een lichte huidskleur. Stel; een donkere vader die op zijn homologe chromosomen twee keer het allel voor donkere huidskleur heeft, kruist met een vrouw met op haar homologe chromosomen twee keer het allel voor een lichte huidskleur. Alle kinderen die uit deze kruising zullen worden geboren zullen op hun homologe chromosomen één keer het allel voor donkere huid van pa hebben en één keer het allel voor lichte huid van ma hebben gekregen. Echter alle geboren kinderen uit dit huwelijk zullen een donkere huid hebben. Dit komt omdat het allel voor een donkere huid **de baas speelt** over het allel voor een lichte huid. het allel voor een donkere huid is dominant over het allel voor een lichte huid. Je kan ook zeggen; het allel voor een lichte huid is recessief ten opzichte van het allel voor een donkere huid.

Dominante en recessieve allelen

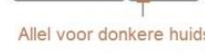


Allel voor donkere huidskleur



Locatie voor het gen voor huidskleur

16.



Allel voor donkere huidskleur



Allel voor blanke huidskleur



Locatie voor het gen voor huidskleur

16.



Allel voor blanke huidskleur



Allel voor blanke huidskleur



Locatie voor het gen voor huidskleur

16.

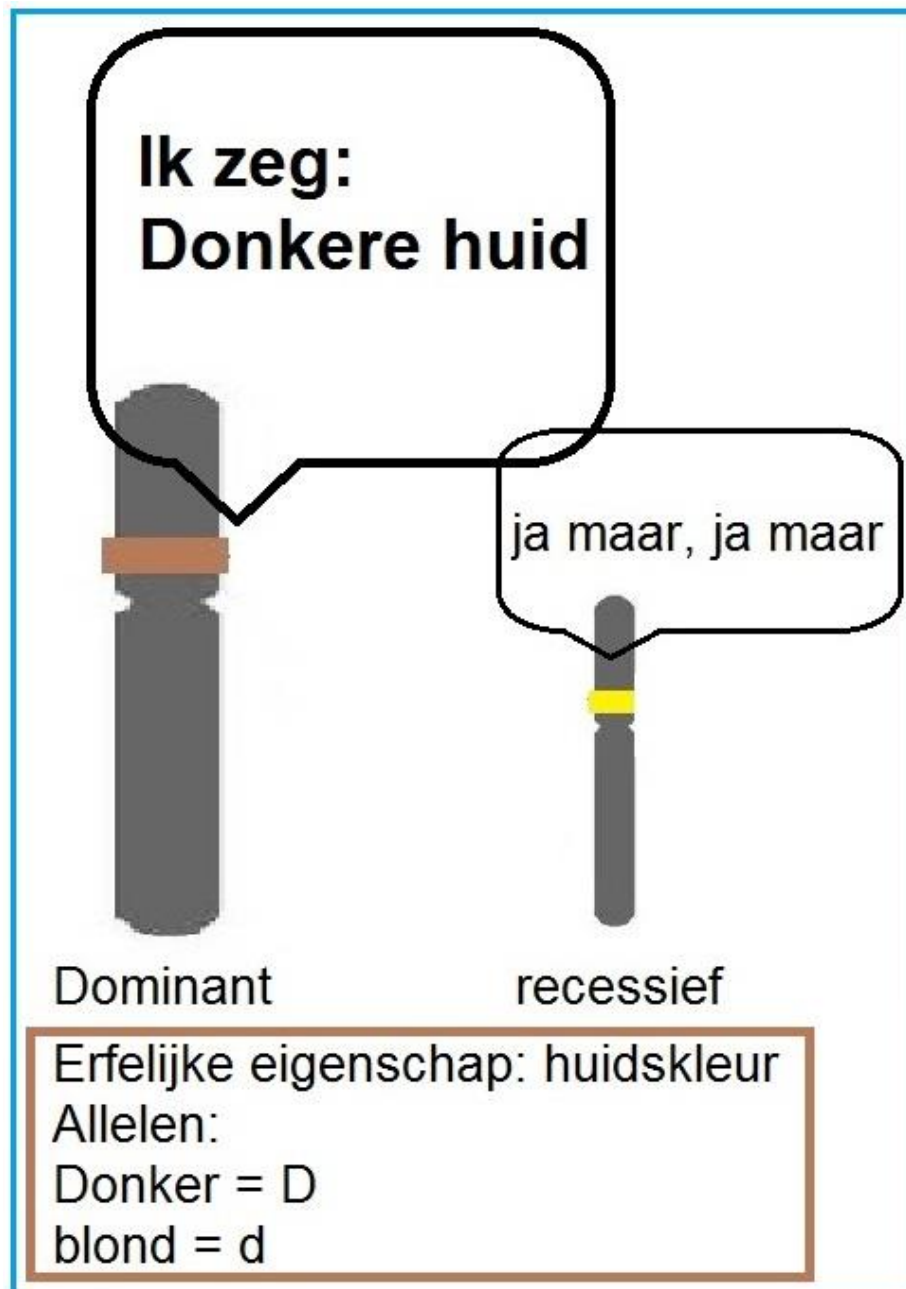


Allel voor donkere huidskleur

Vader heeft twee allelen die coderen voor een donkere huid. Moeder heeft twee allelen die coderen voor een blanke huid. Het kind wat uit een kruising wordt geboren heeft één allel voor donkere huid van pa, en één allel voor blanke huid van ma. Donker is dominant over blank, of blank is recessief ten opzichte van een donkere huid.



In de erfelijkheid geef je erfelijke eigenschappen en de daarbij behorende allelen aan met een letter. Het dominante allel geef je altijd aan met een hoofdletter, het recessieve allel geef je altijd aan met een kleine letter.



Paragraaf 4 Dominant en recessief

Opbouw paragraaf 4:

- Lees in het erfelijkheidsboekje blz. over de begrippen dominant en recessief goed door.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde.

Reproductie vragen:

1. Wat is een dominante allel? -----

2. Wat is een recessief allel? -----

3. Wanneer kan een recessieve allel tot uiting komen in het fenotype?

4. In de erfelijkheid geef je erfelijke eigenschappen en de daarbij behorende allelen aan met een letter. Hoe geef je een dominante allel aan? En hoe geef je een recessief allel aan?

Toepasvraag:

Bij cavia's is het allel voor zwarte haarkleur dominant over het allel voor witte haarkleur.

5. Geef de dominante allel en recessieve allel aan met de juiste letter.

Begrippenlijst Paragraaf 4:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

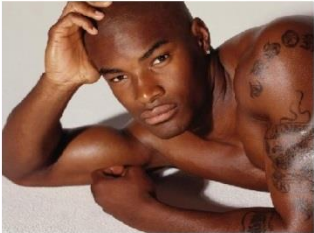


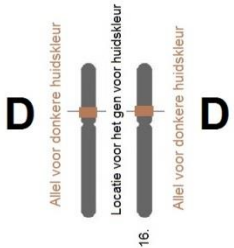
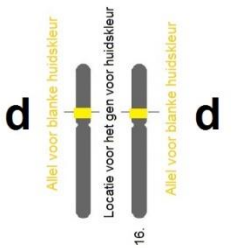
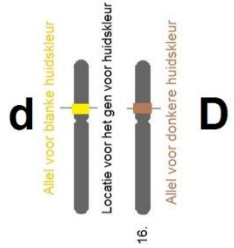
Begrippen	Omschrijving
Dominante allel	
Recessieve allel	





Homozygoot en heterozygoot

Organismen erven allelen voor een erfelijke eigenschap van hun ouders. Als een organisme twee gelijke allelen heeft voor één erfelijke eigenschap, dan is het organisme homozygoot voor deze eigenschap. Als een organisme twee verschillende allelen heeft voor één erfelijke eigenschap, dan is het organisme heterozygoot voor deze erfelijke eigenschap. Als een organisme twee dominante allelen krijgt voor één erfelijke eigenschap dan is het organisme homozygoot dominant voor deze eigenschap. Krijgt een organisme twee recessieve allelen voor één eigenschap dan is het organisme homozygoot recessief voor deze erfelijke eigenschap.

		
 <p>D Allel voor donkere huidskleur Locatie voor het gen voor huidskleur D Allel voor donkere huidskleur 16</p>	 <p>d Allel voor blanke huidskleur Locatie voor het gen voor huidskleur d Allel voor blanke huidskleur 16</p>	 <p>d Allel voor blanke huidskleur Locatie voor het gen voor huidskleur D Allel voor donkere huidskleur 16</p>
Vader heeft twee keer het dominante allel. Pa is: Homozygoot Dominant	Moeder heeft twee keer het recessieve allel. Ma is: Homozygoot recessief.	Het kind heeft één keer het dominante allel en één keer het recessieve allel. Kind is: Heterozygoot
DD	dd	dD of Dd

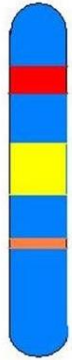
In de onderstaande afbeelding zijn drie erfelijke eigenschappen op één homolog chromosomenpaar weergegeven. Een mens heeft ongeveer 20.000 erfelijke eigenschappen, verdeeld over 23 chromosomenparen. In werkelijkheid liggen er ongeveer 860 erfelijke eigenschappen op één homolog chromosomenpaar.

Homozygoot – Heterozygoot

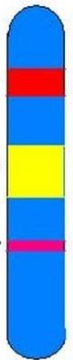
Informatie van beide allelen gelijk: homozygoot

Informatie van beide = allelen niet gelijk: heterozygoot

chromosoom 16



chromosoom 16



Twee gelijke allelen (Homozygoot)

Twee gelijke allelen (homozygoot)

Twee ongelijke allelen (heterozygoot)

Chromosomen paar (homologe chromosomen)



Paragraaf 5 Homozygoot en heterozygoot

Opbouw paragraaf 5:

- Lees in het erfelijkheidsboekje blz. over de begrippen homozygoot en heterozygoot goed door.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde.

Reproductie vragen:

1. Wanneer is een organismen homozygoot voor één erfelijke eigenschap?

.....
.....

2. Wanneer is een organismen heterozygoot voor één erfelijke eigenschap?

.....
.....

Toepasvraag:

Bij cavia's is het allel voor zwarte haarkleur dominant over het allel voor witte haarkleur.

3. Piet heeft een witte cavia. Is de cavia van Piet heterozygoot of homozygoot? Leg je antwoord uit.

.....
.....

4. Het zusje van Piet krijgt ook een cavia, alleen heeft deze cavia een zwarte haarkleur. Is de cavia van Piet zijn zusje heterozygoot of homozygoot? Leg je antwoord uit.

.....
.....

Begrippenlijst Paragraaf 5:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

Begrippen	Omschrijving
Heterozygoot	
Homozygoot	



Paragraaf 6 werkwijze

Opbouw paragraaf 6:

- Lees de onderstaande werkwijze

Werkwijze

In de voorgaande lessen heb je kennis genomen met een aantal begrippen die moet kennen voordat je erfelijkheidsvraagstukken kan gaan maken. Maar voordat we daadwerkelijk gaan beginnen met het oplossen van erfelijkheidsvraagstukken is het handig eerst onderstaande werkwijze te bestuderen en uit je hoofd te leren. Als je onderstaande 7 stappen volgt zal je de meeste eefelijkheidsvraagstukken kunnen oplossen.

De stappen:

1. Maak een schets.

Probeer de informatie die in de opdracht staat te visualiseren. Maak een simpele schets van het gestelde probleem. Deze schets maak je tijdens het lezen en kost je slechts seconden. Het voordeel daarvan is dat je na het maken van de schets niet steeds meer de tekst hoeft door te lezen. Elke keer als je nieuwe informatie verkrijgt uit de opdracht, of via beredeneren dan zet je dat duidelijk bij deze schets.

2. Geef de erfelijke eigenschappen een letter.

Als in de opdracht de erfelijke eigenschappen en allelen geen letter toegekend hebben gekregen kies je voor de erfelijke eigenschappen en allelen zelf een handige hoofdletter. Kies voor Aa, Bb, Ee. Niet voor letters als Xx, Cc, li enz. De laatste letters kunnen bij jezelf en je docent verwarring veroorzaken omdat het verschil tussen hoofdletter en kleine letter in handschrift niet altijd even duidelijk is. Noteer de gekozen letter en de daarbij behorende eigenschap bij je schets van stap 1.

Letterkeuze bij erfelijkheidsvraagstukken.

Wel

A en a

B en b

D en d

E en e

Niet

C en c

I en i

K en k

Bij het kiezen van een letter bij erfelijkheidsvraagstukken is het zaak een letter te kiezen waarbij er in schrijftaal een duidelijk verschil is tussen een hoofdletter en een kleine letter.

3. Bepaal wat is dominant en wat is recessief.

Bepaal met behulp van de bron of een eigenschap dominant of recessief is. Noteer je bevindingen op je kladblaadje, bij je schets van stap 1.

Ga door op de volgende pagina

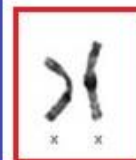
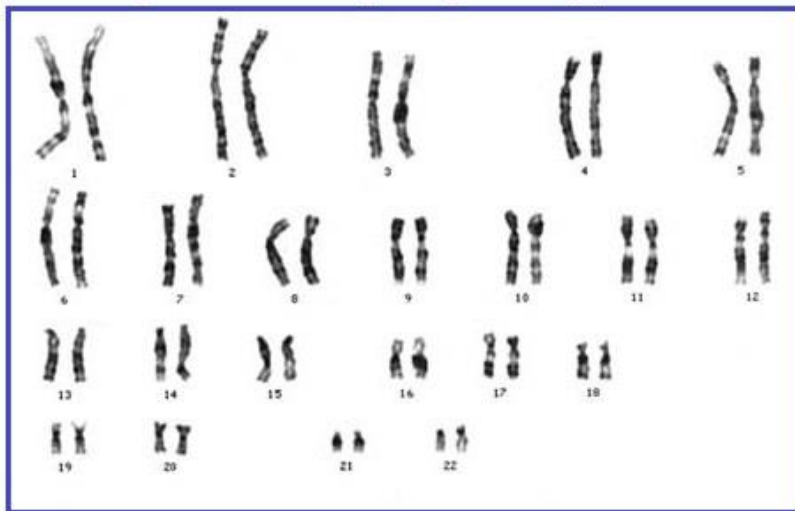


4. Bepaal of de eigenschap geslachtsgebonden of autosomaal is.

Als er in de opdracht gesproken wordt van een stamboom, bepaal dan of een eigenschap autosomaal of geslachtsgebonden is. Om hier achter te komen moet je specifiek zoeken in de stamboom. Maak vervolgens gebruik van de volgende subregels om uit te zoeken of een eigenschap geslachtsgebonden is. Als een eigenschap geslachtsgebonden is, dan:

- moeten, als een *eigenschap/allel recessief* is, alle zonen van een homozygoot/recessieve moeder hetzelfde fenotype hebben als moeder.
- moeten, als een *eigenschap/allel dominant* is, alle dochters van een vader met het dominante allel, het zelfde fenotype hebben als hun vader.

Geslachtsgebonden erfelijke eigenschappen of autosomale eigenschappen.



Op de 23 chromosomenparen van de mens liggen de erfelijke eigenschappen. De 20.000 erfelijke eigenschappen liggen verdeeld over deze 46 chromosomen. Als een eigenschap ligt op chromosomenpaar 1 tot en met 22 (de autosomen) dan is de eigenschap **autosomaal**. Ligt een erfelijke eigenschap op het 23e paar (geslachtschromosomen) dan is de eigenschap **geslachtsgebonden**.

Als je bovenstaande verbanden niet kan vinden in de stamboom dan is de eigenschap niet geslachtsgebonden, dus autosomaal.

5. Bepaal het genotype en fenotype van de ouders.

Bepaal met behulp van antwoorden op vraag 3 en 4 het genotype en het fenotype van de ouders (P). Noteer deze gegevens ook op je papier bij de schets van stap 1.

6. Bepaal de mogelijke gameten van ouders

Bepaal met behulp van de antwoorden op vraag 5 de mogelijke gameten van pa en ma. Zet deze in een kruisingsschema, en...

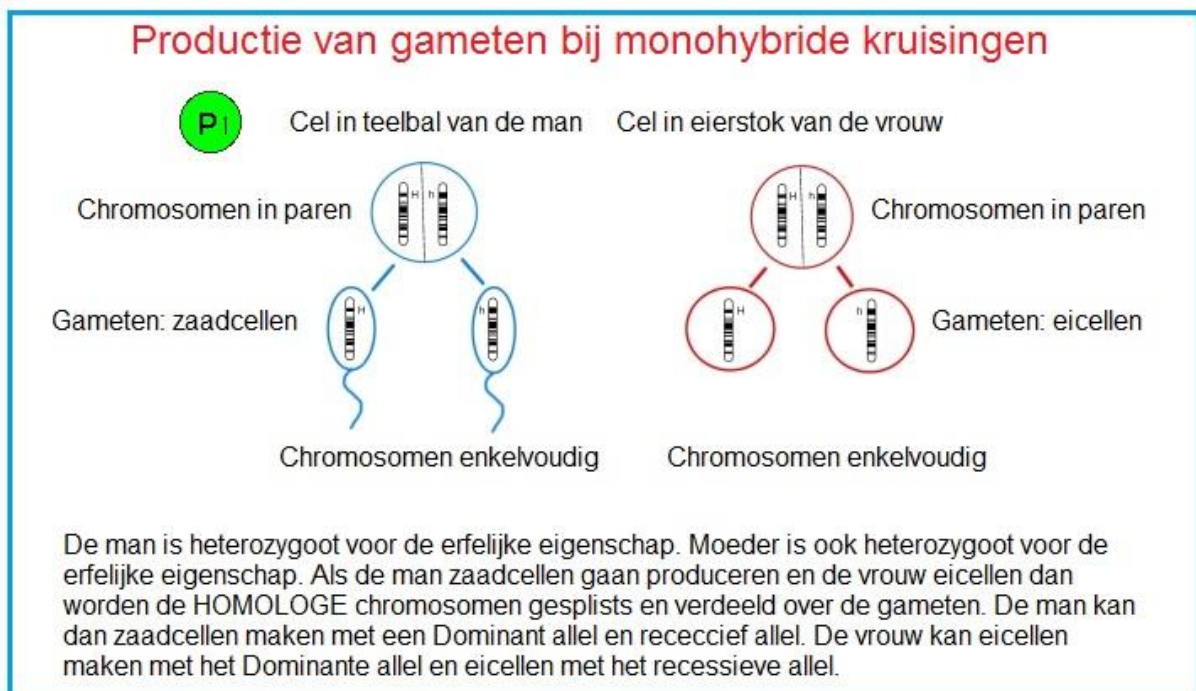
7. Bepaal het genotype en fenotype van kinderen

Bepaal met behulp van het kruisingsschema van vraag 6 het fenotype en genotype van de kinderen (F1).



Monohybride kruisingen.

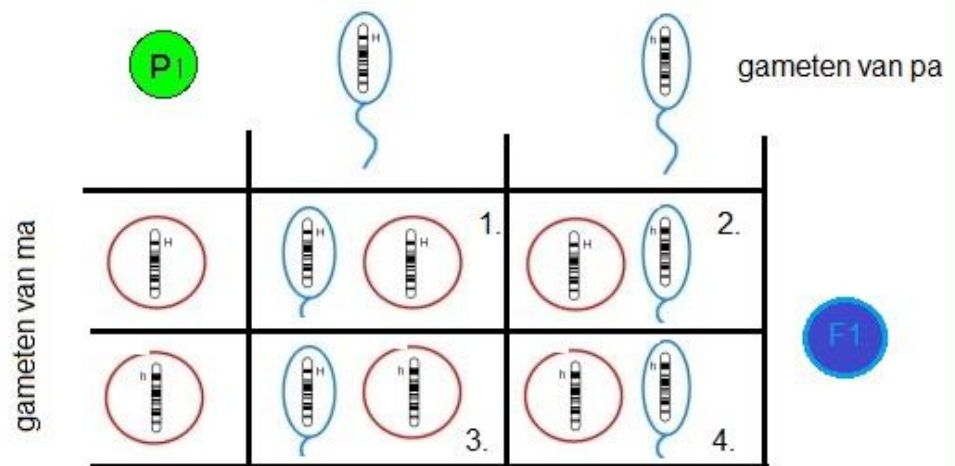
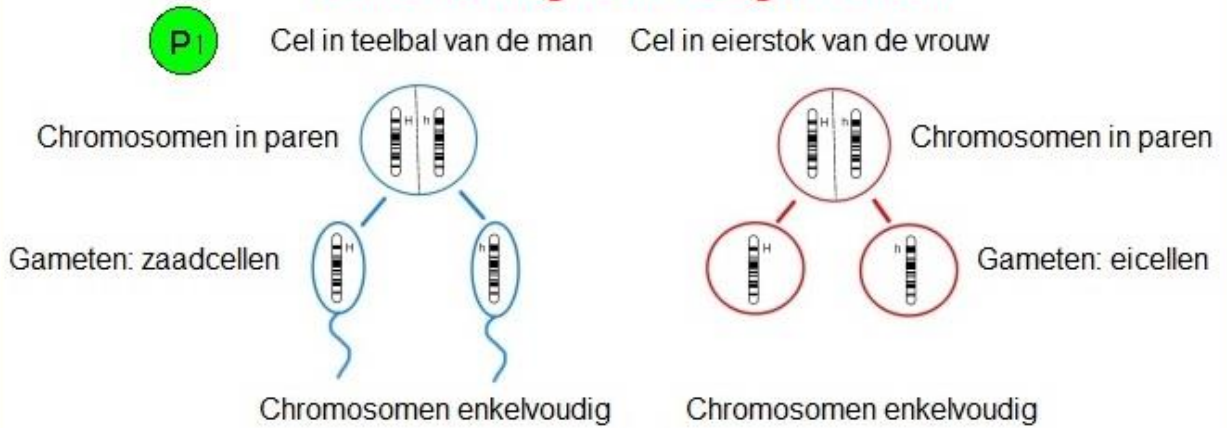
In de voorgaande lessen heb je kennis gemaakt met **relevante begrippen** en met de **werkwijze** om de kruisingsvraagstukken op te lossen. Deze les gaan we monohybride kruisingsvraagstukken oplossen. Bij monohybride kruisingsvraagstukken kijken we naar de overerving van één erfelijke eigenschap van ouders naar kind. Als je de genotypen van de ouders weet, dan kan je vervolgens makkelijk bepalen welke allelen in de gameten terecht kunnen komen. Als je weet welke allelen er in de gameten terecht kunnen komen, dan kan je vervolgens met deze gegevens gaan rekenen. Erfelijkheidslcer is **kansberekenen**.



Man en vrouw maken gameten met verschillende samenstellingen van chromosomen en van allelen. Welke zaadcel welke eicel zal gaan bevruchten is natuurlijk **nooit vooraf te bepalen**. Wel kan je de berekenen hoe groot de kansen zijn die de zaadcellen en de eicellen hebben om samen te smelten en een nieuw organisme te vormen. Deze kansberekening voer je uit in een zogenaamd kruisingsschema. In het kruisingsschema zet je de mogelijke te produceren gameten van de man, en de mogelijke te produceren gameten van de vrouw. In het kruisingsschema kan je dan zien wat de genetische samenstelling van de kinderen kan worden. In het schema hieronder zie je staan P₁. P₁ staat voor de ouders. Ook zie je F₁ staan. F₁ staat voor de eerste generatie kinderen die ontstaan. Als je de kinderen uit de F₁ onderling laat kruisen ontstaat de F₂.



Versmelting van de gameten

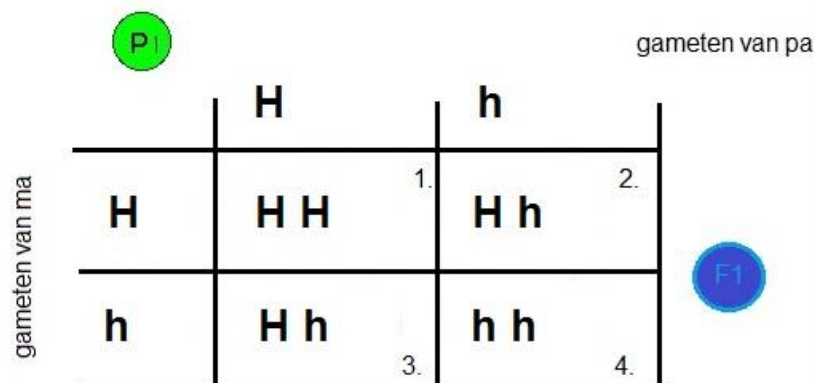


Man en vrouw produceren gameten waar willekeurig de chromosomen van een chromosomen paar in terecht komen. De eicellen en de zaadcellen versmelten ook weer willekeurig met elkaar. De nummers 1 t/m 4 stellen de kinderen voor die kunnen ontstaan uit deze kruising. Nageslacht kan in de volgende verhouding geboren worden: HH: Hh: hh

1 : 2 : 1

Dit wil zeggen: 25% van de geboren kinderen is HH (kind 1)
 50% van de geboren kinderen is Hh (kind 2 en 3)
 25% van de geboren kinderen is hh (kind 4)

Notatie in het kruisingschema





2. Bij bananenvliegen is het allel voor normale vleugels (B) dominant over het allel voor vleugelstompjes (b). Een vrouwtje dat heterozygoot is voor de vleugelvorm wordt gekruist met een mannetje met vleugelstompjes.

a. Maak een kruisingsschema hiervan.

P	X						
Geslachtscellen						
F1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%; text-align: center;">.....</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">.....</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> </table>			
							
.....							

- b. Hoe groot is de kans dat de eerste nakomelingen normale vleugels heeft?
- c. Is deze kans even groot voor de tweede nakomelingen?
- d. Hoe groot is de kans dat de eerste nakomelingen vleugelstompjes heeft?
- e. Is deze kans even groot voor de tweede nakomelingen?
- f. Er worden 96 nakomelingen geboren. Hoeveel nakomelingen zullen naar verwachting normale vleugels hebben? En hoeveel vleugelstompjes?

3. Bij erwten is het allel voor rode bloemkleur (B) dominant over het allel voor witte bloemkleur (b). Een bepaalde erwteplant is heterozygoot voor de bloemkleur. Stufmeelkorrels van bloemen van deze erwteplant komen terecht op stempels van de bloemen van dezelfde erwteplant. Er vindt bevruchting plaats. De F1 bestaat uit 2000 zaden, die allemaal ontkiemen en uitgroeien tot planten.

Beantwoord de volgende vragen.

- a. Maak een kruisingsschema hiervan.
- b. De kans dat het eerste ontkiemde zaad een erwteplant oplevert met rode bloemen is%
- c. De kans dat het eerste ontkiemde zaad een erwteplant oplevert met witte bloemen is%
- d. Hoeveel F1 planten zullen naar verwachting rode bloemen hebben? En hoeveel witte bloemen?

4. Twee planten met genotype Rr worden onderling bestoven. Dit levert talrijke nakomelingen op.

- Maak een kruisingsschema hiervan

P	♂.....	X	♀.....									
Geslachtscellen	♂.....		♀.....									
F1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; height: 60px;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%; text-align: center;">.....</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">.....</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> </table>			
										
.....										
.....										

- Hoe groot is de kans dat een nakomelingen uit F1 homozygoot is? en hoe groot is de kans voor heterozygoot?



5. Een bioloog verzamelt stuifmeel van erwteplanten met korte stengels. Ze brengt dit aan op de stempels van erwteplanten met lange stengels, die heterozygoot zijn voor deze eigenschap. Er ontstaan veel nakomelingen.

- Maak een kruisingschema hiervan.
- Noteer bij hoeveel procent van de nakomelingen ze een korte stengel kan verwachten.
- Hoe groot is de kans dat een nakomelingen uit F1 homozygoot is? En hoe groot is de kans voor heterozygoot?

6. Erwteplanten die zijn ontstaan uit ronde zaden, worden gekruist met erwteplanten die zijn ontstaan uit hoekige zaden. Er ontstaan zaden die alle rond zijn (F1). De planten die uit deze ronde zaden ontstaan, bestuiven onderling. Hierdoor ontstaan 5474 ronde zaden en 1850 hoekige zaden (F2).

- Noteer het genotype van de planten in de P – generatie en in de F1 – generatie.
- Maak een kruisingschema hiervan.
- Hoe groot is de kans dat een nakomelingen uit F1 homozygoot is? en hoe groot is de kans voor heterozygoot?
- Hoe groot is de kans dat een nakomelingen uit F2 homozygoot is? en hoe groot is de kans voor heterozygoot?

Begrippenlijst Paragraaf 7:

Schrijf in het onderstaande tabel de begrippen die nodig zijn voor het oplossen van monohybride kruisingsvraagstukken.

Begrippen	Omschrijving

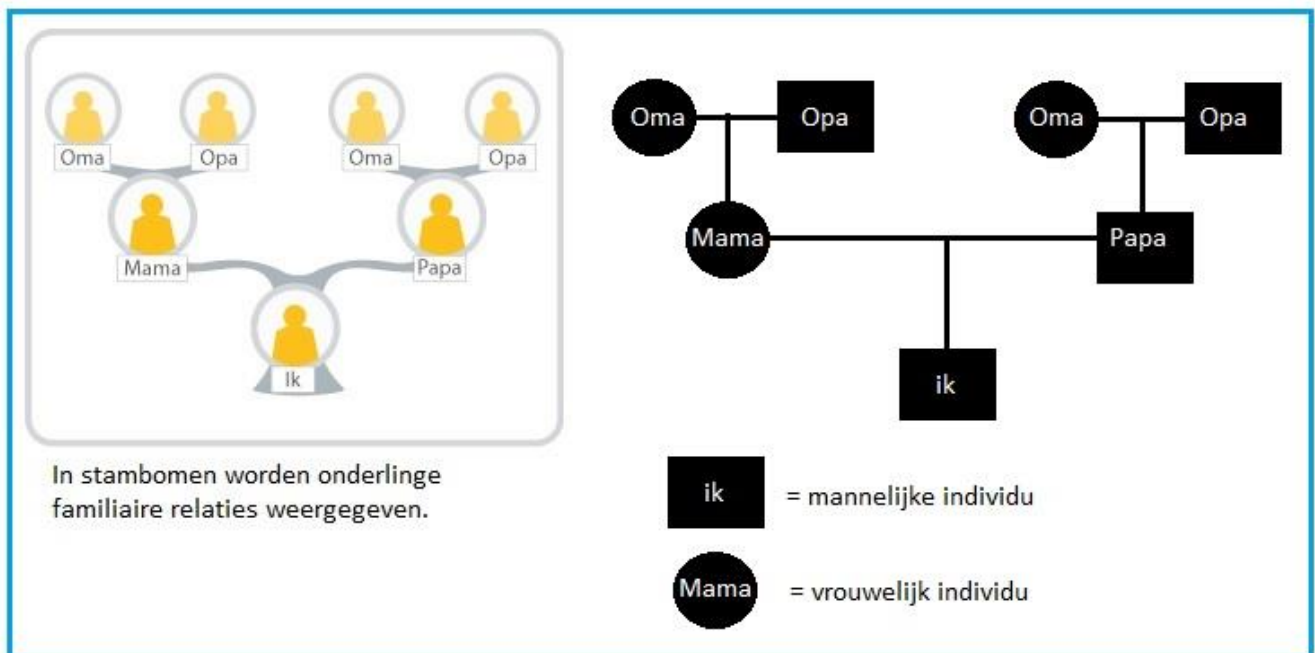


Stambomen

In deze lessen leer je kruisingsvraagstukken op te lossen met behulp van een stamboom. In de les **werkwijze** heb je al geleerd hoe je kruisingsvraagstukken met een stamboom moet aanpakken. Het makkelijke van vraagstukken met een stamboom is dat er vaak al fenotypische of genotypische eigenschappen overzichtelijk zijn weergegeven in de stamboom, en dat je zelf geanalyseerde informatie er makkelijk kan bijschrijven. Zo krijg je een goed overzicht van het vraagstuk.

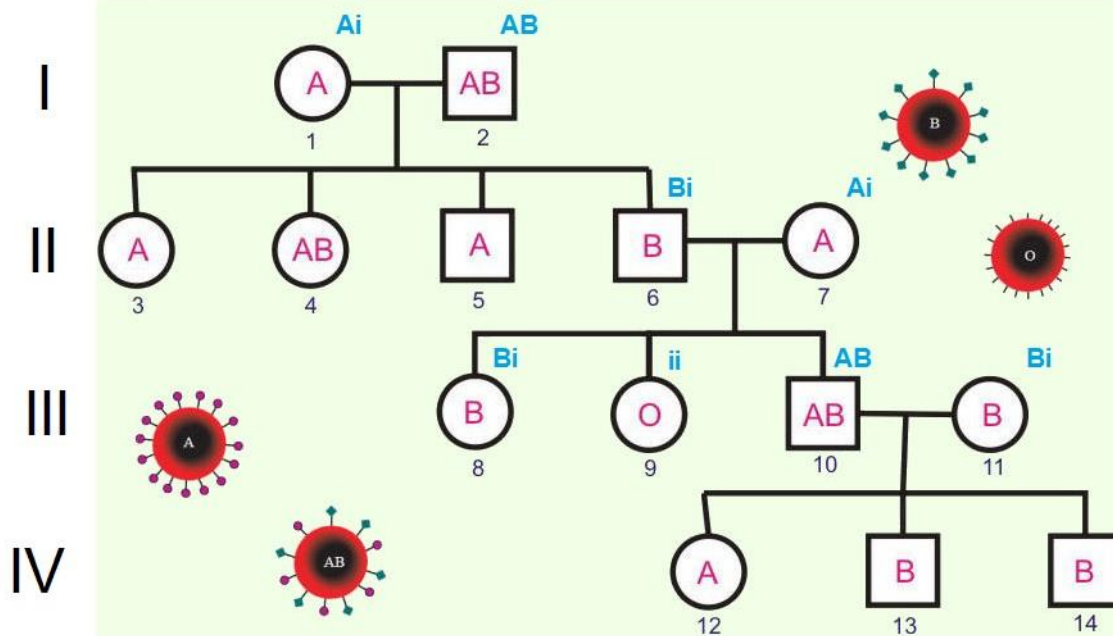
Hieronder zie je twee stambomen. De rechter afbeelding is een stamboom zoals die bij erfelijkheidsvraagstukken wordt gebruikt.

Rondjes zijn altijd vrouwelijke individuen, viertkantjes altijd mannen.



In bovenstaande rechter stamboom zijn alle individuen zwart gekleurd. Bij kruisingsvraagstukken is dat meestal niet het geval. Examenmakers en toetsmakers variëren vaak met zwarte en witte afstammelingen. Met deze kleurverschillen worden dan fenotypische (uiterlijk zichtbare) kenmerken, of genotypische (erfelijke eigenschappen) verschillen aangegeven.

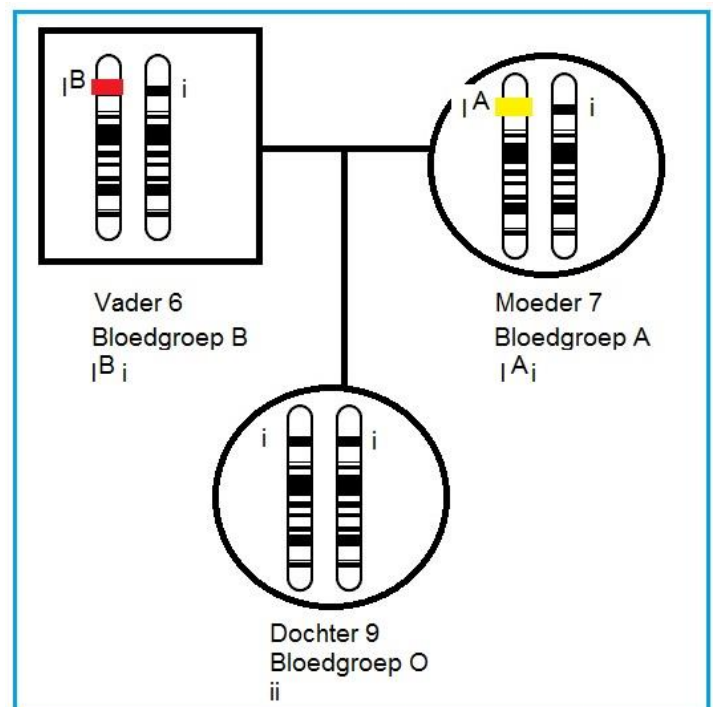
Afstammingslijnen van bloedgroepen



Stamboom met fenotypische gegevens betreffende bloedgroepen zoals die voorkomen in een familie. Door logisch te beredeneren is het mogelijk voor een aantal familieleden de **genotypen** in te vullen. Van een aantal familieleden is het genotype niet te bepalen (?).

- A = Onvolledig dominant allel**
- B = Onvolledig dominant allel**
- i = recessieve allel**

In de afbeelding hierboven zijn van vier generaties (I, II, III, IV) de fenotypische gegevens van de bloedgroepen van de familieleden weergegeven. In de stamboom staat aangegeven welke bloedgroepen de leden van deze familie hebben. Het is mogelijk aan de hand van deze fenotypen de genotypen van de meeste individuen te bepalen. Het is daarvoor zaak goed de illustratie te bestuderen en op zoek te gaan naar een duidelijk startpunt. Zo'n duidelijk startpunt is kruising vader 6 x moeder 7. Deze ouders krijgen dochter 9 met bloedgroep O. Bloedgroep O wordt veroorzaakt door twee recessieve allelen. Het genotype van dochter 9 is dan ook ii. Met behulp van deze gegevens zijn de genotype van vader 6 en moeder 7 te bepalen. Pa heeft bloedgroep B. Hij heeft dus het onvolledig dominante allel B, maar moet ook het recessieve allel i in zijn genotype hebben. Het genotype van pa 6 is dan ook Bi. Van ma 7 kunnen we vervolgens ook het genotype bepalen. Ma 7 heeft bloedgroep A. Ze heeft dus het onvolledig dominante allel A, maar moet daarnaast ook het recessieve allel i hebben. Het genotype van ma is dan Ai. Op eenzelfde manier beredenerend zijn de genotypen van **alle familieleden te bepalen**.





Paragraaf 8 Stambomen

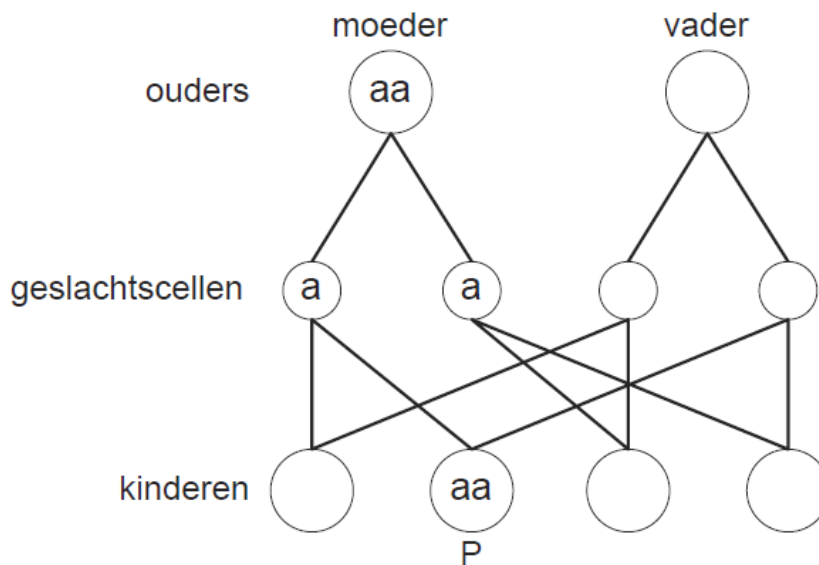
Opbouw paragraaf 8:

- Lees in het erfelijkheidsboekje blz. goed door.
- Maak de onderstaande stamboom vraagstukken vragen van deze bladzijde. Schrijf je antwoorden in je schrift.

Opdracht 1

Haar en erfelijkheid

Het gen voor krullend haar is dominant (A), dat voor steil haar recessief (a). Een vrouw die homozygoot is voor steil haar krijgt vier kinderen van een man met krullend haar (zie de afbeelding hieronder).



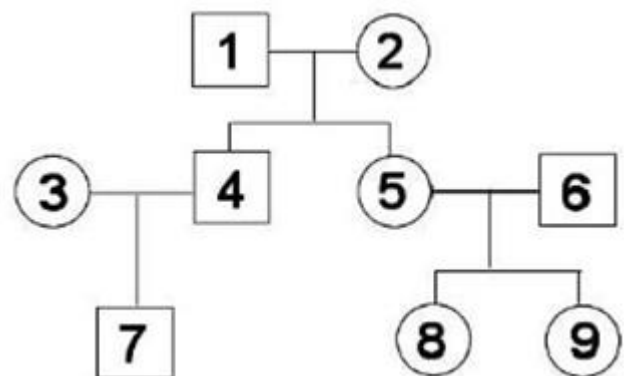
1. Wat is het fenotype van kind P?
2. Wat is het genotype van de vader?

Opdracht 2

Stambomen van families spelen bij erfelijkheidsonderzoek een belangrijke rol. Bijvoorbeeld om na te gaan hoe een erfelijke afwijking overerft of om te voorspellen of een erfelijke afwijking bij het nageslacht terecht kan komen.

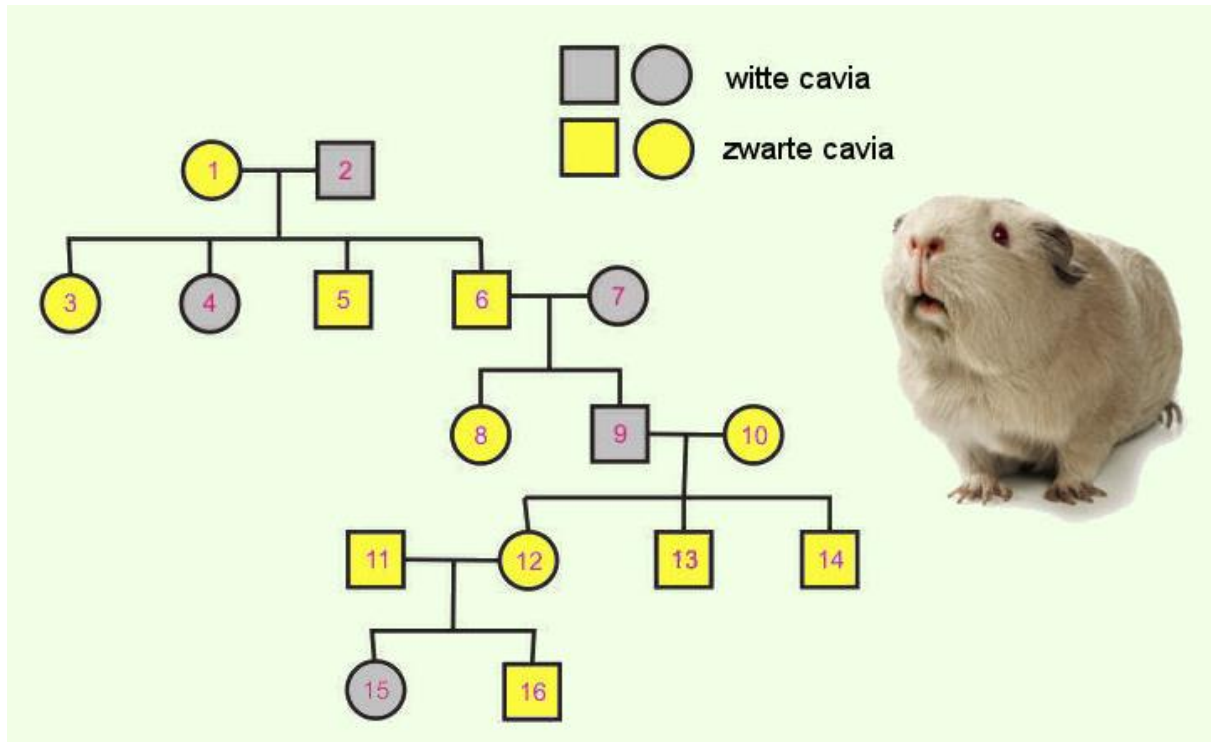
Bekijk de stamboom hiernaast en beantwoorde de onderstaande vragen.

1. Wat zijn 4 en 8 van elkaar?
2. Wat is de relatie tussen 7 en 9? En die tussen 2 en 8?
3. Gegeven is dat 1 genotype AA heeft en 2 genotype aa. Wat is dan het genotype van 4?
4. En het genotype van 5?
5. Als nummer 3 het genotype aa heeft en nummer 7 zeker géén aa heeft, welke genotype kan 7 dan hebben?
6. Nummer 8 heeft het genotype AA en 9 heeft aa. Hoe is het genotype van 6?



Opdracht 3

Bepaal het genotype van de cavia familie



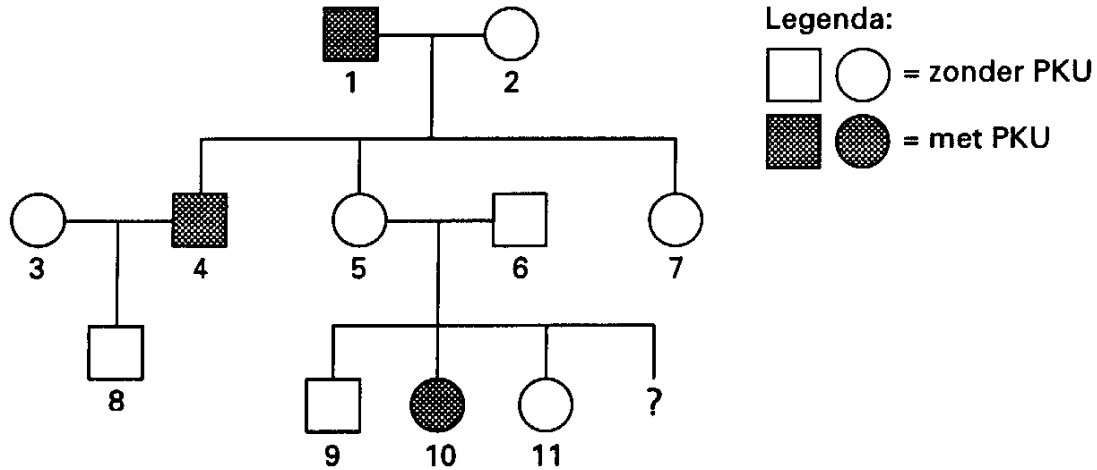
Neem het onderstaande tabel over in je schrift.

Cavia	Genotype	Fenotype
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		
18.		



Opdracht 4
PKU in een familie

Hieronder zie je een stamboom van een familie waarin een bepaalde stofwisselingsziekte voorkomt (PKU).



1. Ga na: is het gen voor de ziekte (PKU) dominant of recessief. Gebruik daarvoor de stamboom (je mag er in tekenen!)
2. Hoe groot is de kans dat een eventueel vierde kind van de ouders 5 en 6 in de stamboom PKU zal hebben?

Begrippenlijst Paragraaf 8:

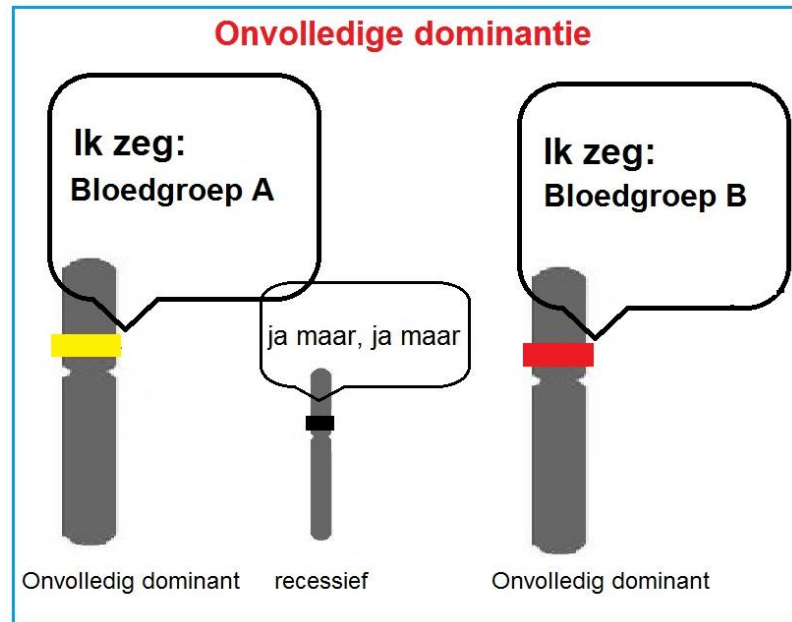
Schrijf in het onderstaande tabel de begrippen die nodig zijn voor het oplossen van stamboom vraagstukken.

Begrippen	Omschrijving



Meerdere allelen

Bij de monohybride kruisingen heb je geleerd dat altijd een allel dominant is en één allele recessief. Maar dat hoeft in de erfelijkheid niet altijd zo te zijn. het kan voorkomen dat er twee min of meer dominante allelen zijn. Deze allelen noem je dan onvolledig dominant. Twee onvolledig dominante allelen zullen in het fenotype beide tot uiting komen. Een fenotype dat van beide allelen eigenschappen vertoont noemen we een intermediair fenotype.



Een organisme dat eigenschappen vertoont van beide dominante allelen noemen we een intermediair fenotype. De bloedgroepen van de mens is een mooi voorbeeld van twee onvolledig dominante allelen. Bloedgroepen worden bepaald door drie allelen, waarvan er twee even dominant zijn en één recessief. De allelen voor bloedgroep A en bloedgroep B zijn onvolledig dominant. Het allel voor bloedgroep O is het recessieve allel. mensen met bloedgroep AB bezitten dus de beide onvolledig dominante allelen A en B. Ze hebben dan ook bloedgroep AB. Bloedgroep AB kan je dan ook zien als een intermediair fenotype.

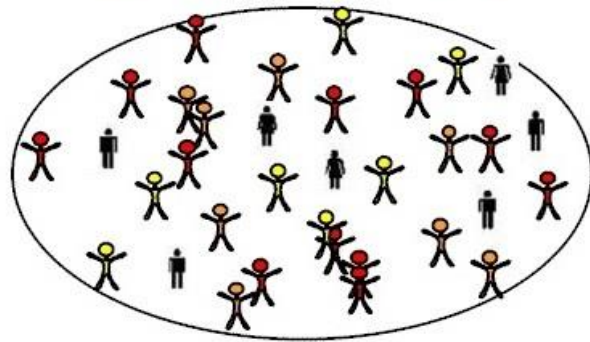
Ook de kleur van leeuwenbekjes wordt veroorzaakt door twee onvolledig dominante allelen. Er is een onvolledig dominant allel voor rode bloemkleuren en een onvolledig dominant allel voor witte bloemkleuren. Leeuwenbekjes die zowel het allel voor de rode bloemkleur bezitten, alsmede het allel voor wittebloemkleur krijgen een **intermediair fenotype**, roze bloemen.

Onvolledige dominantie; beide allelen zijn "even sterk".

		
Homozygoot genotype	Heterozygote genotype	Homozygoot genotype
$A_R A_R = \text{rood}$	$A_R A_W = \text{roze}$	$A_W A_W = \text{wit}$
$A_R = \text{allel voor rood}$		
$A_W = \text{allel voor wit}$		

In de afbeelding hiernaast is een populatie weergegeven. Dit kunnen mensen uit een stad zijn, maar ook alle kinderen uit een school. De Individuen in deze populatie hebben bloedgroep A (geel), B (rood), AB (oranje) of O (zwart). Elk individu heeft maar **twee allelen** die de bloedgroep bepalen. Maar in deze populatie "drijven" echter drie allelen. Het onvolledig dominante allel A, wat codeert voor bloedgroep A, het onvolledig dominante allel B wat codeert voor bloedgroep B en het recessieve allel i dat codeert voor bloedgroep O.

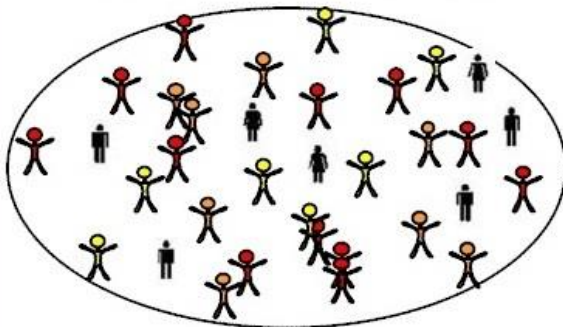
Bloedgroepen in een populatie



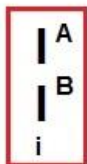
- Bloedgroep A
- Bloedgroep B
- Bloedgroep AB
- Bloedgroep O

Hierboven zie je een populatie afgebeeld. In deze populatie komen vier bloedgroepen voor. Bloedgroep A, B, AB en O. In deze populatie zitten 3 allelen voor de eigenschap bloedgroep. Elk individu heeft echter maar twee allelen voor de eigenschap bloedgroep.

De allelen in de populatie



- Bloedgroep A
- Bloedgroep B
- Bloedgroep AB
- Bloedgroep O

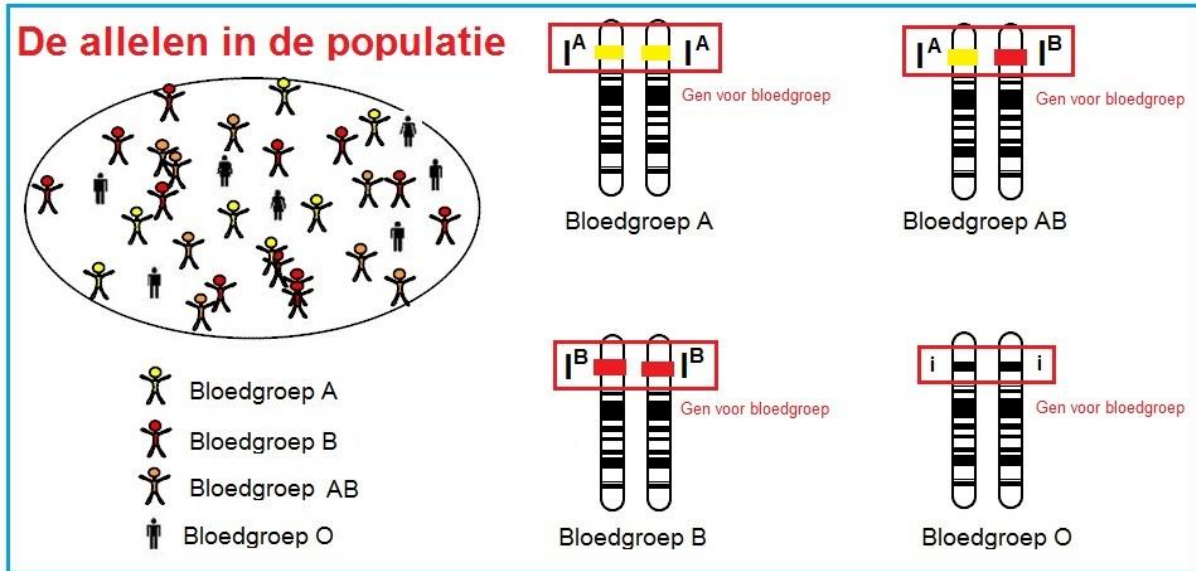


In bovenstaande populatie komen drie allelen voor. Deze staan links in het rode kader. Met deze drie allelen kan je vier combinaties maken

De allelen I^A en I^B zijn beide dominante allelen. Het allel i is het enige recessieve allel

- $I^A I^A$ of $I^A i$ Bloedgroep A
- $I^B I^A$ Bloedgroep AB
- $I^B I^B$ of $I^B i$ Bloedgroep B
- ii Bloedgroep O

Hierboven zie je de mogelijke fenotypen voor bloedgroep in de populatie. Van twee bloedgroepen kan je altijd met zekerheid zeggen welk genotype daarbij hoort. Iemand met bloedgroep AB heeft één keer het onvolledig dominante allel A en één keer het onvolledig dominante allel B. Ook van iemand met bloedgroep O kan je met zekerheid het genotype bepalen. Het fenotype bloedgroep O komt alleen maar tot uiting indien een individu twee keer het recessieve allel bezit. Het genotype van bloedgroep O is dus ii . De genotypen AA en Ai leveren in beide gevallen het fenotype bloedgroep A op. De genotypen BB en Bi leveren in beide gevallen bloedgroep B op.



Paragraaf 9 Meerdere allelen

Opbouw paragraaf 9:

- Lees in het erfelijkheidsboekje blz. goed door.
- Maak de onderstaande stamboom vraagstukken vragen van deze bladzijde. Schrijf je antwoorden in je schrift.

Opdracht 1

Volgens velen heeft de overerving van ABO-bloedgroepen als volgt plaats:
 De allelen $I(A)$ en $I(B)$ zijn beide dominant over het recessieve allel i .
 Homozygoot i geeft bloedgroep O;
 $I(A)I(B)$ geeft bloedgroep AB.

De kinderen van een man met bloedgroep A en een vrouw met bloedgroep AB kunnen de volgende bloedgroepen hebben:

- alleen AB
- alleen A of B
- alleen A of B of AB
- A of B of AB of O

Opdracht 2

Cavia's met een bruingele vacht zijn homozygoot voor de vachtkleur. Ook cavia's met een witte vacht zijn homozygoot voor de vachtkleur. Lichtgele cavia's hebben een intermediair fenotype.

Twee cavia's worden een aantal malen gepaard. Dit lever 23 nakomelingen op: 6 bruingele, 5 witte en 12 lichtgele dieren.

Wat is waarschijnlijk de vachtkleur van elk van de ouders?

- lichtgeel en bruingeel
- lichtgeel en wit
- lichtgeel en lichtgeel
- bruingeel en wit



Opdracht 3

Bij het konijn komen drie allelen voor die de vachtkleur bepalen. Konijnen van het meest voorkomende type (wild) hebben een donkere vacht (zie afbeelding op de volgende bladzijde) en bezitten allel T. Konijnen van het himalaya-type hebben genotype $t^a t^a$. Konijnen van het chinchilla-type hebben genotype $t^b t^b$. Konijnen met genotype $t^a t^b$ zijn lichtgrijs. Het allel T is dominant over de allelen t^a en t^b .



wild-type



himalaya-type



chinchilla-type

Een groot aantal konijnen van het wildtype paart onderling. Zij krijgen een groot aantal nakomelingen. Er treden geen mutaties of crossing-over plaats.

Welk fenotype kan of welke fenotypen kunnen bij deze nakomelingen voorkomen? Werk je antwoord uit met behulp van een kruisingsschema!

- A. Alleen wildtype
- B. Alleen lichtgrijs en wildtype
- C Alleen chinchilla, himalaya en wildtype
- D. Chinchilla, himalaya, lichtgrijs en wildtype

Opdracht 4

Hamsters

Een bruine hamster wordt gekruist met een witte hamster. Alle nakomelingen zijn lichtgeel. Ze planten zich onderling voort.

1. Stel van deze kruising een kruisingsschema op tot en met de F_2 . Gebruik hierbij A_b en A_w .
2. Welke genotypen komen voor in de F_2 en in welke verhouding?
3. Welke fenotypen komen voor in de F_2 en in welke verhouding?

Begrippenlijst Paragraaf 8:

Schrijf in het onderstaande tabel de begrippen die nodig zijn voor het oplossen van stamboom vraagstukken.

Begrippen	Omschrijving



Paragraaf 10 Mutaties

Opbouw paragraaf 10:

- Lees in je tekstboek basisstof 4 over mutaties op blz.17 t/m 20 goed door.
- Maak in je werkboek de opdrachten 10, 11 en 12 op blz. 11 en 12.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde. Schrijf de antwoorden in je schrift.

Mutaties

Biologen onderscheiden twee typen mutatie: somatische en erfelijke mutatie. Een somatische mutatie komt alleen voor in lichaamscellen. De mutantgenen die daarbij ontstaan, kunnen dus verder voorkomen in alle cellen die door deling uit die lichaamscellen zijn ontstaan.

Erfelijke mutatie vindt plaats in gameten of in cellen waaruit gameten ontstaan. De mutantgenen die daar het gevolg van zijn, kunnen van generatie op generatie worden doorgegeven.

1. In de bovenstaande tekst wordt gesproken over 'gameten.' Bedenk een ander woord hiervoor wat dezelfde betekenis heeft.

In een voorlichtingsfolder van de KWF kankerbestrijding wordt gewaarschuwd dat zonnen gevaarlijk kan zijn (zie kader hiernaast).

2. Ontstaan door zonnestraling somatische- of erfelijke mutaties? Leg je antwoord uit.

Behalve zonnestraling is ook sigarettenrook Een mutagene factor.

3. Noem nog twee andere mutagene invloeden die mutaties kunnen veroorzaken.

Ook als je al bruin bent, moet je je blijven insmeren met een crème met een hoge beschermingsfactor

Inmiddels horen jaarlijks ruim 50.000 Nederlanders dat ze huidkanker hebben. Dat waren er 10 jaar terug nog 28.000.

Meestal is huidkanker een gevolg van UV-straling. Eerst beschadigt te veel UV-straling de huidcellen (verbranding; de huid kleurt dan rood). Jaren later kan huidkanker het gevolg zijn.



Het grootste carnivore buideldier, de Tasmaanse duivel (*Sarcophilus harrisi*), dreigt ten onder te gaan aan een besmettelijke vorm van aangezichtskanker: Devil Facial Tumour Disease (DFTD). Biologen van verschillende disciplines zoals immunologen, genetici en natuurbeheerders, verenigd in het 'Save the Tasmanian Devil' programma, werken samen om de Tasmaanse duivel voor uitsterven te behoeden.



In 1996 werden de eerste Tasmaanse duivels met tumoren op de kop (zie afbeelding 1) gesignaleerd. De oorzaak van deze vorm van kanker was toen nog niet bekend. In eerste instantie zocht men naar mogelijke oorzaken in het leefgebied. Later ontdekte men dat de besmetting tot stand komt door onderlinge overdracht van tumorweefsel. De tumoren bevinden zich namelijk altijd op de kop, en Tasmaanse duivels, zowel mannetjes als vrouwtjes, bijten elkaar daar regelmatig tijdens gevechten om voedsel en tijdens het paren. Bovendien breken delen van het tumorweefsel gemakkelijk af. Eenmaal besmet met DFTD is het dier binnen een half jaar dood, vaak ten gevolge van verhongering.

Alle Tasmaanse duivels met DFTD hebben tumoren in en rond de bek. Bij nader onderzoek blijken ze vaak ook in de rest van hun lichaam tumoren te hebben.

4. Hoe zijn de tumoren rond de bek van een Tasmaanse duivel ontstaan? Beschrijf hoe de tumoren in de rest van het lichaam zijn ontstaan.

5. Is hier sprake van een somatische of een erfelijke mutatie? Gebruik je antwoord van vraag 4 in je uitleg.

Begrippenlijst Paragraaf 1:

Beschrijf de onderstaande begrippen en vul eventueel de begrippenlijst aan.

Begrippen	Omschrijving
Mutatie	
Gemuteerd	
Mutant	
Albino	
Mutageen	
Gezwel (tumor)	
Goedaardig gezwel	



Kanker	
Kwaadaardig gezwel	
Uitzaaiing (metastase)	





Paragraaf 11 Evolutie

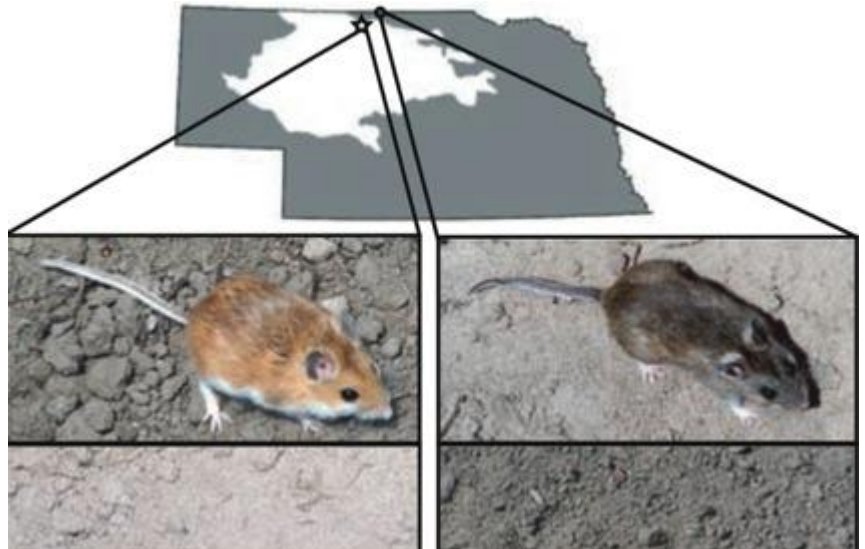
Opbouw paragraaf 11:

- Lees in je tekstboek basisstoffen 5, 6 en 7 over de evolutietheorie op blz.20 t/m 39 goed door.
- Maak in je werkboek de opdrachten 13 t/m 23 op blz. 14 t/m 20.
- Maak de onderstaande vragen van deze bladzijde. Schrijf de antwoorden in je schrift.

Wat bedoelen biologen met de evolutietheorie?

Om de evolutietheorie van Darwin beter te begrijpen kijken we naar een voorbeeld uit het onderzoeksveld. Lees hieronder het korte artikel door en beantwoord daarna de vragen.

Een recent spectaculair voorbeeld van natuurlijke selectie is een verandering in de vacht kleur van de witvoetmuis (*Peromyscus maniculatus*). Deze diertjes leven in de Sand Hills, een duinenveld in Nebraska (Verenigde Staten). Deze duinen hebben een lichtere kleur dan de omliggende bodem. Catherine Linnen en haar collega's berichten in een recent artikel in het vakblad *Science* dat de vacht van witvoetmuizen in de Sand Hills bleker is dan die van leden van dezelfde soort in de omliggende gebieden (zie figuur). Er was geen verschil in chromosoomaantallen. De blekere kleur werd veroorzaakt door één enkele mutatie op een gen dat agouti heet.



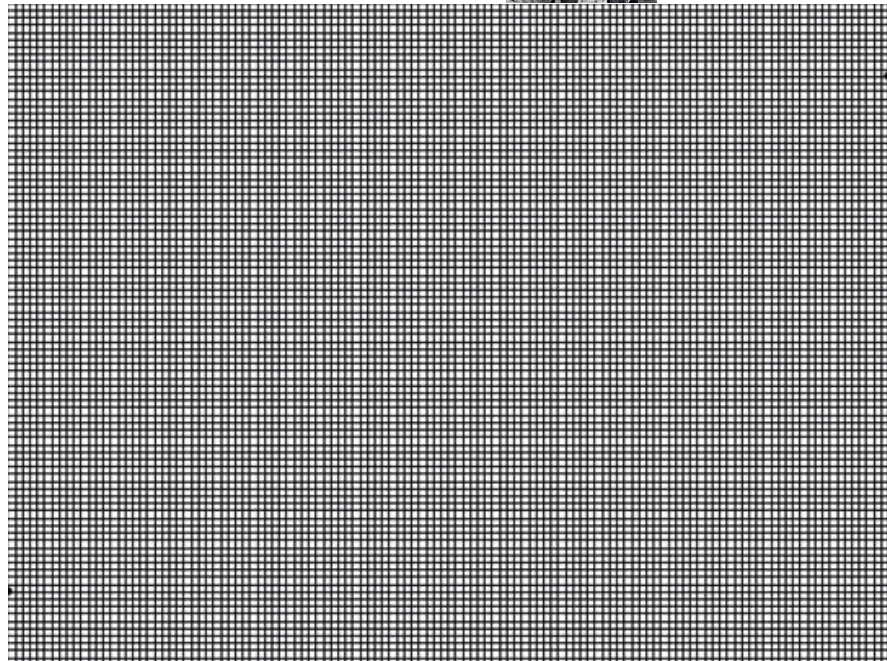
Een groep onderzoekers bestuderen in 2015 opnieuw deze muizenpopulatie in Nebraska. Ze vangen in totaal 100 muizen.

1. Hebben alle 100 muizen hetzelfde of een verschillend genotype?
2. Leg je antwoord van vraag 1 uit, noteer je antwoord in minimaal 2 zinnen.



De 100 muizen worden eerst geselecteerd op kleur. Simpel gezegd worden de muizen in twee groepen verdeeld: een groep bruine muizen en een groep gele muizen. Dit is ook te zien in de afbeelding. Hieronder zie je grafiekpapier.

3. Teken twee staafdiagrammen (één van bruine kleur en één voor gele kleur) waarin je aangeeft hoeveel bruine- en gele muizen jij verwacht te tellen in de populatie van de 100 gevangen muizen.



Lang geleden hadden de Sand Hills een donkere bodem, de aarde was donker gekleurd. Door allerlei veranderingen zijn dezelfde Hills nu lichtgeel door het zand. Dit staat ook beschreven in het artikel.

4. Leg uit hoe de verandering van de bodem ervoor heeft gezorgd dat er nu meer gele muizen worden geteld dan bruine muizen.

Veel biologen gebruiken het woord 'natuurlijke selectie' om uit te leggen hoe evolutie plaats vindt. Op bladzijde 22 en 23 in je tekstboek wordt dit woord beschreven.

5. Probeer in één zin samen te vatten wat jij verstaat onder het begrip 'natuurlijke selectie.'

Het proces van natuurlijke selectie hangt samen met heel veel andere processen in de natuur en in organismen. De processen die een rol spelen kunnen we weergeven in een woordweb (of woordspinn). Dit geeft overzichtelijk weer welke andere processen er voor kunnen zorgen dat natuurlijke selectie kan optreden.

6. Bestudeer de woordspinn hieronder. Aangegeven is een proces dat er voor zorgt dat natuurlijke selectie kan optreden. Schrijf minimaal 2 andere processen op die volgens jou er ook voor zorgen dat dit proces kan laten optreden. Laat wat ruimte over om er later nog meer bij te schrijven.

Verschil in genotypen

Natuurlijke selectie

