

Opgave 1: Zijdeachtige veren

Op vogeltentoonstellingen worden regelmatig geshowd met zogenoemde zijdeachtige veren. Deze afwijking van de normale veerstructuur wordt veroorzaakt door een recessief allel. Men blijft zulke vogels kweken vanwege deze bijzondere structuur van de veren. Of dit voor de vogels in kwestie ook nog voordelen biedt valt natuurlijk wel te bezien.

Gegeven

Een homozygoot normale vogel wordt gekruist met een vogel met zijdeachtige veren. Alle nakomelingen (F_1) hadden normale veren. Deze F_1 werd onderling verder gekruist en levert de F_2 .

Vraag

Welk van de onderstaande beweringen over deze F_2 zijn juist ?

- 1 De verwachte verhouding normaal - zijdeachtig is 3: 1.
- 2 De helft van de F_2 is heterozygoot.
- 3 Alle mannetjes hebben zijdeachtige veren
- 4 Een kwart van de F_2 is homozygoot
- 5 F_2 dieren met normale veren zijn allemaal homozygoot.

Antwoord: 1,2

Uitleg: Het gaat hier om een eenvoudige kruising, die met de tweede wet van Mendel is op te lossen.

Er is geen sprake van X-chromosomale overerving, dus het zou wel heel toevallig zijn, dat de alle recessieve vogels allemaal mannetje zijn.

De helft van de F_2 is homozygoot, zowel dominant als recessief.

Driekwart van de vogels heeft normale veren, zowel homozygoot als heterozygoot.

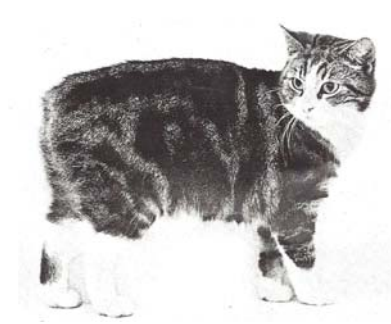
Wat de leerlingen moeilijk vinden

- 1 De opgave in verband brengen met de 2^e wet van Mendel (de splitsingswet).
- 2 Het maken van een kruisingsschema en het bedenken van de genotypen en de geslachtscellen (meiose).

Wat kan je daar als leraar aan doen?

Afhankelijk van wat er al besproken is verwijzen naar de tweede wet van Mendel. Die staat in de meeste leerboeken netjes uitgetekend.

Opgave 2: Manx-katten



Vergeleken met honden zijn de verschillen tussen de diverse kattenrassen klein te noemen. De verschillen in kleur en grootte zijn eigenlijk minimaal. Vergelijk dat eens met een het verschil tussen een Sint Bernard en een chihuahua.

Toch zijn er nog veel genetische verschillen tussen de rassen bij katten vast te stellen.

Manx-katten vinden hun oorsprong op het Britse eiland Man. Afgezien van verschillen met andere rassen hebben Manx-katten (meestal) geen staart of slechts een korter of

langer stompje. Het ontbreken van een staart hindert deze katten overigens totaal niet bij het bewaren van hun evenwicht. Een ander opvallend kenmerk is de grotere lengte van de achterpoten dan normaal. Het fenotype: geen staart wordt veroorzaakt door één enkel gen met twee allelen: normaal en Manx.

Gegeven

Paringen tussen Manx katten leiden meestal tot een nageslacht in een verhouding Manx (zonder staart): Normaal (met staart) = 2: 1.

Vraag

De uitkomst van de paring roept vragen op. Mogelijke beweringen voor dit resultaat wordt hieronder gegeven. Welke zijn juist?

- 1 Het Manx allel is dominant overervend.
- 2 Manx katten zijn altijd heterozygoot.
- 3 Homozygote Manx-kittens zijn niet of nauwelijks levensvatbaar vanwege een letale combinatie van de dominante allelen.
- 4 Een kruising tussen Manx-katten en normale katten levert gemiddeld een verhouding op van drie Manx-kittens en een normaal kitten.
- 5 Manx x Manx levert nooit 100% Manx op.

Antwoord: 1, 2, 3 en 5 zijn juist.

Uitleg: Uit het resultaat van de kruising blijkt, dat Manx x Manx een nieuw type oplevert: normaal. Dat kan alleen als beide Manx-dieren heterozygoot zijn, dus is het Manx-allel dominant.

Het resultaat zou dus een verhouding van 3: 1 moeten opleveren.

Uit het kruisingschema blijkt dan dat de homozygote dominante ontbreekt. Het ligt niet voor de hand, dat de twee uit de genoemde kruising zowel een heterozygoot als een homozygoot opleveren. Uit het resultaat kan worden geconcludeerd dat er sprake moet zijn van een letale combinatie van dominante allelen. Die combinatie levert kennelijk meer gebreken op dan alleen het missen van een staart.

N.B. Mogelijk is er sprake van aantastingen of het ontbreken aan de rugwervels (open rug).

Wat leerlingen moeilijk vinden

- 1 Het verschijnsel dominantie met een letale combinatie. Dat strookt niet met hun idee, dat dominant altijd goed is.
- 2 De afwijkende getalsverhouding.

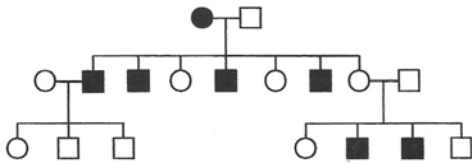
Wat kan je daar als leraar aan doen?

De opdracht klassikaal behandelen en het kruisingschema op het bord (laten) maken. Daarna een discussie starten. Vervolgens naar de beweringen kijken welke juist of onjuist zijn.

Bij deze opgave is het kruisingschema van twee heterozygoten meestal wel verhelderend genoeg om de uitspraken te kunnen beoordelen.

Introduceer eventueel een tweede voorbeeld (bijvoorbeeld van kuifkanaries of vachtkleur bij muizen). Daarbij is ook sprake van een letaal allel.

Opgave 3: De invloed van oma



Toelichting: zwart: de persoon heeft de afwijking; wit: de persoon heeft de afwijking niet.

In deze stamboom valt op dat oma de afwijking heeft, al haar vier zonen en zeker twee van haar kleinzonen. In de familie begint men zich behoorlijk zorgen te maken. Wat is er mogelijk aan de hand? De familieleden komen bij elkaar in beraad. Moeten we een geneticus inschakelen of eerder de huisarts? De volgende verklaringen worden bedacht.

- 1 Er is sprake van zuiver toeval volgens de huisarts.
- 2 De afwijking wordt veroorzaakt door een infectie bij oma, die vooral en alleen daarna vrijwel alle mannelijke nakomelingen treft.
- 3 Oma is homozygoot recessief voor deze eigenschap en het gen/allel erft autosomaal over.
- 4 Oma is homozygoot recessief voor deze eigenschap en het gen/allel erft X-chromosomaal over.
- 5 Oma is in elk geval heterozygoot voor deze eigenschap en het is toeval, dat het alleen bij haar zonen en kleinzonen tot uiting komt.

Vraag

Welke verklaring is de meest waarschijnlijke?

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4 E. 5

Antwoord: D.

Uitleg:

- 1 Ondanks het kleine aantal kinderen is zuiver toeval niet echt te verdedigen en is het belangrijk eerst te zoeken naar meetbare factoren.
- 2 Als Oma een infectie heeft gehad is het wel raar, dat haar dochters er geen last van hebben. De verklaring lijkt niet echt houdbaar.
- 3 Oma zou homozygoot recessief moeten zijn, want als de afwijking dominant zou zijn, dan zou ook een of meer dochters de afwijking moeten hebben, zeker als het kenmerk autosomaal overerft.
- 4 Oma zou homozygoot recessief moeten zijn. Opa heeft de afwijking dan niet en geeft een gezond X-chromosoom met het dominante allel door aan de dochters. Van Oma krijgen alle kinderen een recessief allel. Daarmee worden de dochters draagster en krijgen de zonen de afwijking. Dat verklaart ook de afwijking bij de kleinzonen. De partner van de zieke zoon is dan zeer waarschijnlijk homozygoot dominant.
- 5 Dit is in tegenspraak met de afbeelding.

Wat leerlingen moeilijk vinden.

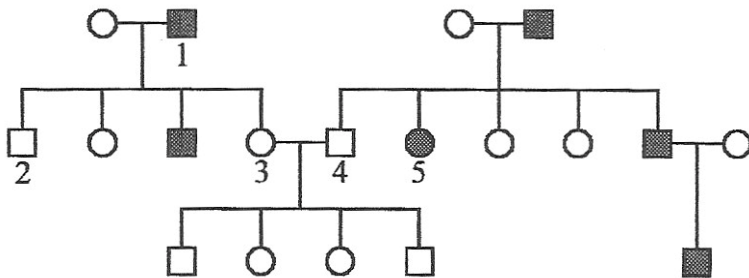
- 1 Waar moeten ze beginnen? De neiging bestaat om alle alternatieve antwoorden door te lezen en dan wellicht te gokken. Dat kan ze meteen al op het verkeerde spoor zetten.
- 2 Wat moeten ze nu doen met de stamboom zelf?
- 3 Wat moeten ze nu doen met de gegevens in de stam van deze vraag?
- 4 De begrippen autosomaal en X-chromosomaal.

Wat kan je daar als leraar aan doen?

- 1 Eerst uitleggen wat de begrippen inhouden, als daar problemen mee zijn.
- 2 Het gaat om een standaardvraag. Als er in de stam of bij de alternatieven sprake is van X-chromosomale overerving, dan aangeven dat het wijs is eerst daar op in te gaan, want dan kunnen ze alle andere verklaringen of beweringen meteen schrappen.
- 3 In de stamboom zelf aangeven, wat de mogelijke genotypen van oma en opa zouden kunnen zijn. Als leerlingen samen werken kunnen ze alternatieven per eigen stamboom invullen. De antwoorden kunnen ze dan vergelijken.

Opgave 4: X-chromosomaal of autosomaal?

Een onderzoeker houdt zich bezig met de overerving van een recessief allel. Hij heeft daarvoor een familie onderzocht en vastgesteld, welke personen het betreffende allel (of allelen) bezitten. Hij heeft een stamboom opgesteld, waarin personen met het recessieve kenmerk en personen met het dominante kenmerk aanwezig zijn. Zie de onderstaande stamboom.



N.B.

Wit rondje (vrouw) of vierkantje (man) = zonder afwijking
Zwart rondje (vrouw) of vierkantje (man) = met afwijking

Vragen

- 1 Is deze stamboom **alleen** te verklaren door uit te gaan van autosomale overerving?
- 2 Is deze stamboom **alleen** te verklaren door uit te gaan van x-chromosomale overerving?
- 3 Zijn in deze stamboom beide manieren van overerving mogelijk?
- 4 Geef de genotypen van de genummerde personen bij de juiste manier van vererving (zie vraag 1, 2 en 3)

Antwoorden

1, 2 en 3: het juiste antwoord is: beide manieren zijn mogelijk (vraag 3).

Uitleg: Uitgaande van heterozygote oma's is dit mogelijk.

Aa x aa levert kansen op alle (mogelijke) nakomelingen.

$X^A X^a \times X^A Y^-$ levert ook kansen op alle (mogelijke) nakomelingen

Antwoord op vraag 4:

Nr	autosomaal	X-chromosomaal
1	aa	$X^a Y^-$
2	Aa	$X^A Y^-$
3	Aa	$X^A X^a$
4	Aa	$X^A Y$
5	aa	$X^a X^a$

Wat vinden leerlingen moeilijk

- 1 Het plaatsen van de juiste coderingen bij de personen.
- 2 De begrippen autosomaal en X-chromosomaal.

NB. Door de vragen al zo veel mogelijk te sturen zijn er niet veel problemen te verwachten.

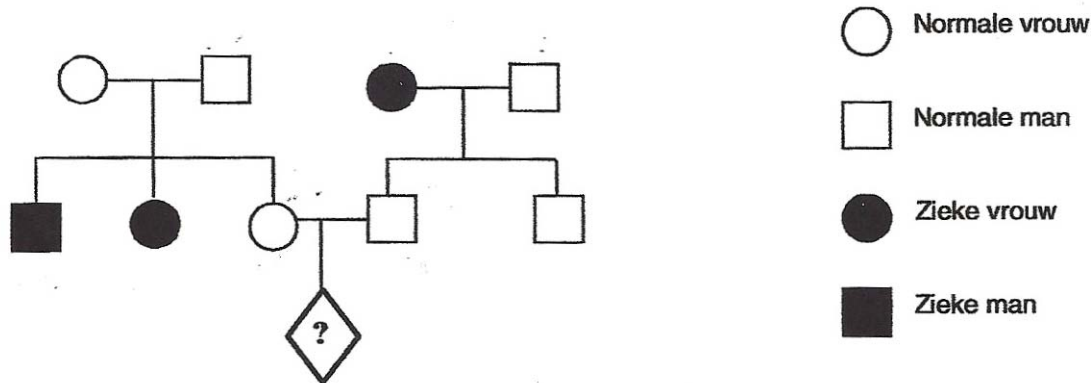
Wat kan je daar als leraar aan doen?

- 1 De coderingen nog eens bespreken.
- 2 De verschillende manieren van overerven nog eens te bespreken, zonder naar deze opgave te verwijzen.

Opgave 5: Kans op een ziek kleinkind

Bij mensen is het niet mogelijk om de kans op een bepaalde afwijking of ziekte vast te stellen door uit te gaan van heel veel nakomelingen per ouderpaar. Daarom worden er stambomen van een familie opgesteld en probeert men te achterhalen, of de afwijking bij ouders en/of grootouders voorkomt of is voorgekomen.

Een voorbeeld van zo'n stamboom staat hieronder:



Vraag

Hoe groot is de kans, dat het kleinkind de ziekte of afwijking krijgt ?

Antwoord

De kans is 12,5 %

Uitleg:

In de stamboom is links een ouderpaar zonder problemen. Twee van hun kinderen hebben de afwijking. Dat kan alleen als beide ouders heterozygoot zijn. Het derde kind, de latere moeder heeft 50% kans om homozygoot AA dan wel heterozygoot Aa te zijn.

In de stamboom is rechts een ouderpaar met een oma met de afwijking. Haar zoon (de latere vader) is dus zeker heterozygoot Aa, want anders had hij de afwijking aa en dat is tegenspraak met het Gegeven in de stamboom.

Berekening:

Kans op een heterozygote moeder = 50%

Kans op een heterozygote vader = 100%

Kans op een ziek kind is: 50% (van de moeder) x 100% (van de vader) x 25% (uit de kruising van heterozygoot x heterozygoot) = 12,50%

Wat leerlingen moeilijk vinden

- 1 De redenering vanuit de stamboom naar de bijbehorende codes.
- 2 Het berekenen van de kansen op de vader en de moeder.
- 3 Het vermenigvuldigen van meer dan twee kansen.

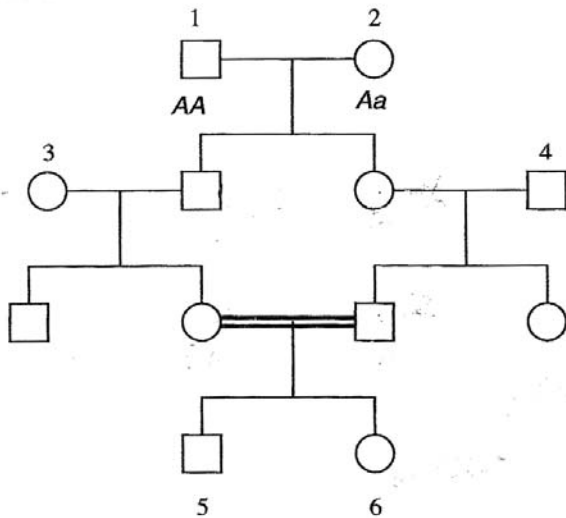
Wat kan je daar als leraar aan doen?

- 1 Eerst de linkerkant van de stamboom stapsgewijs doornemen en daarna de rechterkant om de codes te kunnen invullen.
- 2 Het bespreken van de tweede wet van Mendel.

Opgave 6: Een kind van verwante ouders (neef x nicht)

Gegeven in deze opgave is, dat een bepaalde ziekte berust op de aanwezigheid van slechts één autosomaal recessief overervend allel. Iets dat in de praktijk niet vaak voorkomt. De meeste ziektes ontstaan door de inwerking van en een combinatie van meerdere, vaak recessieve, allelen. Ook zijn er ziektes, die helemaal niet via overerving kunnen optreden, maar het gevolg zijn van externe factoren (bijvoorbeeld een griepvirus).

Om uit te sluiten dat een kind een verhoogde kans heeft op een erfelijke (recessieve) ziekte worden geboortes tussen verwanten nogal eens afgeraden, als er in de familie erfelijke ziektes voorkomen. In deze opdracht zijn opa en oma broer en zus (kinderen van nr 1 en 2)



Vragen

- 1 Vul bij **alle rechtstreekse voorouders** van kind 5 (of 6) het genotype zo in, waardoor hij/zij zelf de kans op de aanleg **aa** heeft.
- 2 Noteer ook bij die voorouders de kans op dat genotype.
- 3 Bereken vervolgens de kans, dat de zoon nr 5 of de dochter nr 6 de ziekte zal kunnen krijgen.

Antwoord: 1,5625% of 1/64

Uitleg: Alle voorouders van nr 5 of 6 hebben steeds 50% kans op heterozygoot. Zelf heeft nr 5 of 6 een kans van 25% uit de kruising van zijn/haar ouders.

Berekening:

$50\% \times 50\% \times 50\% \times 50\% \times 25\% = 1,5625\% \text{ kans} = 1/64.$

Wat de leerlingen moeilijk vinden

- 1 Het feit, dat er per ouder meerdere kansen zijn.
- 2 Het vermenigvuldigen van zoveel kansen. Het zijn vijf getallen! Klopt dat dan wel?

Wat kan je daar als leraar aan doen?

- 1 Geef de leerling een kleine hint aan het begin van de stamboom, bijvoorbeeld bij diegene die later de oma zal blijken te zijn.
- 2 Misschien is het handiger om met breuken te werken in plaats van percentages.

Opgave 7: Taaislijmziekte

Cystic fibrosis ofwel taaislijmziekte is de meest voorkomende erfelijke ziekte bij het blanke ras. Eén op de 3000 kinderen wordt het slachtoffer van deze aandoening. Het is een slopende ziekte met een progressief verloop. De chloorkanaaltjes in celmembraan werken niet goed, waardoor het afgescheiden slijm taai is. De longen, het maag-darmkanaal, de lever en de alveesklier zijn de belangrijkste organen die problemen hebben bij deze ziekte. Taaislijmziekte erft autosomaal en recessief over.

Gegeven

Van een gezin is bekend dat beide ouders drager van deze ziekte zijn. Ze hebben vier kinderen.

Vraag

- 1 Hoe groot is de kans op een gezond kind?
- 2 Hoe groot is de kans op een kind dat drager is?
- 3 Hoe groot is de kans op een kind met taaislijmziekte?
- 4 Hoe groot is de kans, dat er slechts één kind in dat gezin die ziekte heeft?

Antwoorden

De eerste drie antwoorden volgen uit de tweede wet van Mendel.

- 1 25%
- 2 50%
- 3 25%
- 4 Er zijn vier typen gezinnen mogelijk, waarbij het zieke kind (T= taaislijmziekte) op de 1^e, 2^e, 3^e of 4^e plaats komt. Er zijn nog drie kinderen in dat gezin, die de ziekte niet hebben, maar wel drager kunnen zijn (N= geen taaislijmziekte).

Berekening

TNNN
NTNN
NNTN
NNNT

Kans op zo'n gezin: 4x

Kans op een ziek kind: 0,25

Kans op een gezond kind of drager: 0,75

Kans op zo'n gezin: $4 \times 0,25 \times 0,75 \times 0,75 \times 0,75 \times 100\% = 42\%$

Wat leerlingen moeilijk vinden

Rekening te houden met het feit dat er vier typen gezinnen mogelijk zijn.

Wat kan je daar als leraar aan doen?

Geef nog eens een tweede voorbeeld, bijvoorbeeld met vijf kinderen, waarvan er twee ziek zijn. Dat levert meteen al tien mogelijke gezinnen op!

	1	2	3	4	5
1	X				
2	J	X			
3	J	J	X		
4	J	J	J	X	
5	J	J	J	J	X

Via een schema komen ze daar snel achter! Model halve competitie. Horizontaal plaats van het ene kind, vertikaal plaats van het andere kind.

Of anders 5×4 mogelijkheden = 20, want het ene kind heeft vijf mogelijkheden en daardoor het andere kind nog maar vier mogelijkheden.

Bij een halve competitie dus 10.

Antwoord:

$10 \times 0,25 \times 0,25 \times 0,75 \times 0,75 \times 0,75 \times 100\% = 26\%$

Dit is theoretisch! Het is mogelijk, dat alle kinderen ziek zijn, alleen de kans op zo'n gezinssamenstelling wordt anders.

Opgave 8: Statistiek met dihybride kruising

Het doen van uitspraken kan op het gevoel, maar als leerlingen iets van statistiek weten is het mogelijk om daar van gebruik te maken, zeker in de genetica. De theorie levert namelijk nooit exact de juiste voorspelling voor de praktijk. Dat komt omdat je te maken hebt met levende organismen. Er zijn altijd afwijkingen van wat je theoretisch hebt berekend. In hoeverre accepteert je een verschil, zonder dat de theorie in duigen valt?

Gegeven

Na een aantal malen dezelfde dihybride kruising te hebben uitgevoerd om aan voldoende gegevens te komen worden alle nakomelingen van deze kruising bekeken, geteld en ingedeeld.

Groep 1: aantal 112 met beide dominante kenmerken A en B.

Groep 2: aantal 44 met een dominant A en een recessief kenmerk b.

Groep 3: aantal 28 met een recessief kenmerk a en een dominant kenmerk B.

Groep 4: aantal 8 met beide recessieve kenmerken a en b.

Vraag

Is op grond van deze uitkomst **de uitspraak** terecht, dat het hier gaat om de overerving van twee genen, die onafhankelijk van elkaar overerven, waarbij beide ouders dubbelheterozygoot zijn?

Theorie

Als dat waar zou zijn, dan zou de exacte verhouding 9: 3: 3: 1 moeten zijn (tweede wet van Mendel).

N.B. Het getal 192 is in dit voorbeeld niet willekeurig gekozen, maar het rekent daardoor wel makkelijker (geen afrondingen)

Berekening van de exacte verhouding

Er zijn 192 individuen.

9/16 daarvan is dom/dom = 108

3/16 daarvan is dom/rec = 36

3/16 daarvan is rec/dom = 36

1/16 daarvan is rec/rec = 12