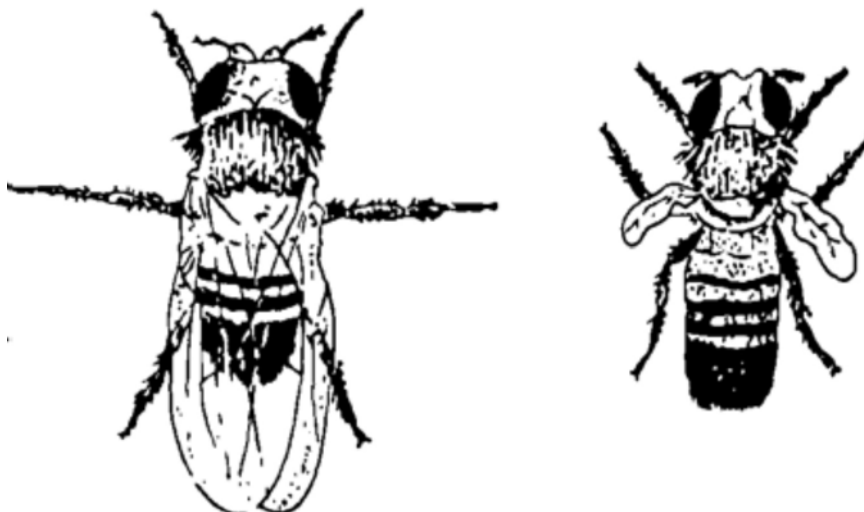


Examenreader *ERFELIJKHEID*



Inhoud

1	Studiewijzer	3
2	Eindtermen erfelijkheid	4
3	Begrippenlijst erfelijkheid	5
4	Oefening "Jongen of een meisje?"	7
5	Algemeen geldende regels rond kruisingsvraagstukken	11
6	Oefeningen deel 1 (monohybride kruisingen).....	12
7	Oefeningen deel 2 (monohybride kruisingen).....	13
8	Oefeningen deel 3 (monohybride kruisingen).....	14
9	Antwoorden oefeningen deel 1, 2 en 3 (monohybride kruisingen)	17
10	Oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 7	20
11	Antwoorden oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 7	23
12	Oefeningen deel 4 (dihybride kruisingen).....	24
13	Oefeningen deel 5 (dihybride kruisingen).....	25
14	Oefeningen deel 6 (dihybride kruisingen).....	26
15	Antwoorden van de oefeningen deel 4, 5 en 6 (dihybride kruisingen)	27
16	Oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 8	30
17	Antwoorden oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 8	33

leder mens is uniek!

Bij ieder mens bevat het DNA ongeveer 30.000 genen, verdeeld over 46 chromosomen. Door de verdeling van de chromosomen bij de meiose en door andere oorzaken krijgt ieder mens een unieke combinatie van erfelijke eigenschappen.

Aangezien er zeer veel genen zijn, mag het een wonder heten dat de vele mitosen die in het lichaam plaatsvinden meestal goed verlopen. Alleen al om het aantal rode bloedcellen op peil te houden, moeten er dagelijks 900.000.000.000 mitosen plaatsvinden! Hetzelfde geldt voor de meiose: een man maakt dagelijks ongeveer 100.000.000 zaadcellen. Bij iedere meiotische deling is er weer een kans dat er iets mis gaat. Een fout die ontstaat noemen we een *mutatie*.

Sommige mutaties kunnen ziektes of andere afwijkingen veroorzaken. Mutaties worden overgedragen op het nageslacht, dus dergelijke ziektes en afwijkingen zijn erfelijk. Ziektes en afwijkingen kunnen echter ook veroorzaakt zijn door milieufactoren die tijdens de zwangerschap een storende invloed hebben gehad. Ook komt het voor dat een combinatie van erfelijke en milieufactoren een ziekte of afwijking veroorzaken.

In deze module komen de verschillende mogelijke oorzaken van ziekten en afwijkingen aan de orde. Onder meer worden behandeld: de oorzaak, het overervingspatroon en de kans op herhaling van bepaalde ziekten en afwijkingen. Verder onderzoeken we wat het betekent om met een ziekte te leven.

1 Studiewijzer

- Bestudeer hoofdstuk 1 van Nectar deel 1.
- Maak onderstaande vragen en controleer je antwoorden met het antwoordboekje.
 - §7.1: maak en controleer de vragen 3 t/m 10.
 - §7.2: maak en controleer de vragen 2, 3, 5 t/m 8.
 - §7.3: maak en controleer de vragen 3 t/m 9.
 - §7.4: maak en controleer de vragen 3 t/m 9.
 - Maak en controleer de oefeningen Erfelijkheid deel 1.
 - Maak en controleer de oefeningen Erfelijkheid deel 2 en 3.
 - §7.5: maak en controleer de vragen 3 t/m 8.
 - §8.1: maak en controleer de vragen 3 t/m 10.
 - §8.2: maak en controleer de vragen 3 t/m 9.
 - Maak en controleer leertaak 8a.
 - Maak en controleer de oefeningen Erfelijkheid deel 4.
 - Maak en controleer de oefeningen Erfelijkheid deel 5.
 - Maak en controleer de oefeningen Erfelijkheid deel 6.
 - §8.3: maak en controleer de vragen 3 t/m 9.
 - §8.4: maak en controleer de vragen 2 t/m 8.
- Maak de oefentoets uit deze reader en controleer je antwoorden.

2 Eindtermen erfelijkheid

Na het bestuderen van deze stof moet je onderstaande eindtermen beheersen.
Nummering is overeenkomstig het examenprogramma biologie VWO.

De kandidaat kan

- 27 de relatie leggen tussen DNA en genotype.
- 28 uitleggen waardoor het fenotype ontstaat onder invloed van genotype en milieufactoren.
- 29 aan de hand van gegevens aangeven of bepaalde veranderingen van het fenotype worden veroorzaakt door genotype of milieu.
- 30 uitleggen waardoor geslachtelijke voortplanting, in tegenstelling tot ongeslachtelijke voortplanting, nieuwe combinaties van erfelijke informatie oplevert.
- 31 uitleggen op welke manier de verdeling van erfelijk materiaal over de geslachtscellen tot stand komt.
- 32 voor- en nadelen van klonering in de landbouw uitleggen.
- 33 aangeven dat de mens met oude en nieuwe technieken ingrijpt in erfelijke informatie met het doel de door de mens gewenste eigenschappen te verbeteren:
- gebruik van mutatie;
 - gebruik van recombinatie;
 - veredelen;
 - fokken;
 - recombinant-DNA-techniek;
 - celfusie;
 - selectie.
- 34 een eigen standpunt ten aanzien van genetische modificatie beargumenteren.
- 35 uitleggen waardoor veredelen en fokken kunnen leiden tot verlies van erfelijke informatie.
- 36 de uitkomst voorspellen van mono- en dihybride kruisingen, onder andere met behulp van kansberekeningen
in het bijzonder:
- dominante en recessieve allelen;
 - intermediair fenotype;
 - X-chromosomale genen;
 - gekoppelde genen.
- 37 de in eindterm 36 genoemde kennis toepassen in stamboomonderzoek en bij de erfelijke bepaling van het geslacht.
- 38 een beargumenteerde mening geven over het toepassen van prenatale diagnostiek bij de mens.
- 39 aangeven dat karyogrammen gebruikt worden bij erfelijkheidsadvies en afwijkingen in vorm en aantallen chromosomen herkennen in een karyogram.
- 40 aangeven dat erfelijke en milieufactoren invloed hebben op het ontstaan van ziekten
in het bijzonder:
- de invloed van erfelijke factoren op hart- en vaatziekten (hypercholesterolemie);
 - de invloed van milieufactoren bij het ontstaan van kanker (asbest, carcinogene stoffen, UV-straling).
- 63 de begrippen allel en gen in verband brengen met de begrippen DNA en chromosoom.
- 64 aangeven dat verandering in cellen kan leiden tot verandering in het functioneren van het individu.
- 65 uitleggen dat een mutatie een verandering in erfelijke informatie is en dat mutaties kunnen worden veroorzaakt door straling of carcinogene stoffen ofwel spontaan voorkomen.

3 Begrippenlijst erfelijkheid

allel	Genvariant
autosomen	Alle niet-geslachtschromosomen
bioreactor	fermentorvat, vat waarin micro-organismen onder optimale condities worden gekweekt
BLAD	bovine leukocyte adhesion deficiency, erfelijke runderziekte
cellfusie	techniek voor het maken van transgene organismen; samensmelting van twee gewone cellen
co-dominantie	Fenotype waarbij twee verschillende dominante allelen beiden tot uitdrukking komen; bij mensen komen de allelen L ^A en L ^B tot expressie in de eigenschap 'bloedgroep' als bloedgroep AB (vergelijk intermediair fenotype)
crossing-over	Breuk en verwisseling van stukjes chromatiden bij de meiose
dambordschema	kruisingschema, waarin de kans op de genotypen van de F1-generatie is weergegeven
dihybride kruising	kruising waarbij je op twee verschillende erfelijke eigenschappen let
dominant allel	Allel dat tot expressie komt wanneer het in combinatie voorkomt met een recessief allel
draagkoeien	koeien die embryo's in de baarmoeder ingeplant krijgen van een vreemde koe; het embryo groeit in de draagkoe uit tot kalf
drager/draagster	Een individu is heterozygoot voor een recessief allelenpaar
echoscopie	Techniek waarbij met behulp van geluidsgolven en hun weerkaatsing een beeld gevormd wordt van weefsels en organen; een embryo, het hart bij hartpatiënten (vergelijk echolocatie bij vleermuizen)
embryocellen-techniek	techniek voor het maken van transgene organismen; ongedetermineerde embryocellen krijgen 'nieuw' DNA en worden teruggeplaatst in het embryo
embryosplitsing	het opdelen van een jong embryo in meerdere delen
ET / embryotransplantatie	het inplanten van embryo's in een draagmoeder
Ethiek	Formuleren wat de grens is tussen aanvaardbaar en onaanvaardbaar; het verschil tussen 'kunnen' en 'willen'
F1-generatie	Nakomelingen van de P-generatie
F2-generatie	Nakomelingen van de F1-generatie
fenotype	Waarneembare eigenschappen die gevormd zijn door genotype en omgeving, vanaf embryostadium
fokken (telen)	kruisen van dieren (of planten) met als doel een voor de mens gewenste eigenschap van het organismen te optimaliseren
gekoppelde genen	genen die op hetzelfde chromosoom liggen; worden tijdens de meiose niet gescheiden (behalve via crossing-over)
gen	Een stuk DNA dat de informatie voor één eiwit bevat, in een diploïd organisme komt hetzelfde gen op twee chromosomen voor, soms als verschillende allelen
genetica	Wetenschap die bestudeert hoe overeenkomsten en verschillen tussen organismen ontstaan en hoe eigenschappen vastliggen in het genetisch materiaal
genotype	De erfelijke informatie (genen) waaruit waarneembare eigenschappen kunnen ontstaan
geslachtschromosomen	Set van chromosomen die het geslacht bepalen, bij de meeste organismen XX voor vrouwtjes en XY voor mannetjes
GGO / Genetisch gemodificeerd organisme	Transgeen organisme
heterozygoot	Een individu met voor een eigenschap twee verschillende allelenparen
homozygoot	Een individu heeft voor een eigenschap twee gelijke allelenparen
infectie met retrovirussen-techniek	techniek voor het maken van transgene organismen; een gemodificeerd retrovirus 'injecteert' RNA in een cel.
Inteelt	vergrote kans op erfelijke afwijkingen door kruising tussen verwante organismen

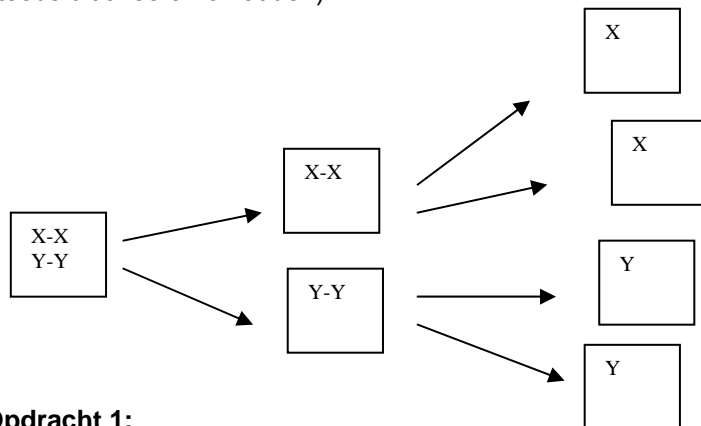
intermediair fenotype	Fenotype waarbij twee verschillende allelen tot uitdrukking komen als een 'mengsel'; bij planten komen bijvoorbeeld de allelen rood en wit voor de eigenschap 'bloemkleur' samen tot expressie als rose (vergelijk co-dominantie)
karyogram	Chromosomenportret
kerntransplantatie	het overzetten van een celkern van een volwassen, gedetermineerde cel in een (ongedetermineerde) embryocel waaruit de oorspronkelijke kern is verwijderd
KI / kunstmatige inseminatie	Kunstmatige toediening van spermacellen
kruisingsschema	Schema waarin je de kansverdeling op verschillende genotypen weergeeft
lichaampje van Barr	Eén van de twee X-chromosomen van de vrouw die grotendeels gespiraliseerd blijft
micro-injectie-techniek	techniek voor het maken van transgene organismen injectie van vreemd DNA in een celkern met een hele dunne injectienaald
monoklonale antistoffen	Antistoffen die door speciale tumorcellen gemaakt worden; door celfusie van een tumorcel met een cel die antistoffen tegen een bepaalde ziekte maakt, ontstaan door de snelle celdeling (tumorcel)klonen van de 'antistoffen cel'
monosomie	Een chromosomenpaar waarvan één chromosoom ontbreekt; bijvoorbeeld monosomie op chromosoompaar 7 betekent dat er maar één chromosoom 7 in een cel aanwezig is
'nature-nurture'	Discussie rondom de vraag 'aangeboren-aangeleerd'
navelstrengpunctie	Gentest op de bloedcellen van de navelstreng van een 19 weken oud embryo
P-generatie	Oudergeneratie in een kruisingsexperiment
PKU	Fenylketonurie, erfelijke aandoening waardoor het aminozuur fenylalanine niet kan worden afgebroken
prenatale diagnostiek	Onderzoek naar erfelijke afwijkingen bij een embryo
PTC	Fenylthiocarbamide, proeven of niet-proeven van deze stof is erfelijk bepaald
recessief allel	Het allel (allelenpaar) dat niet tot expressie komt in combinatie met een dominant allel (allelenpaar)
recombinant-DNA-techniek	techniek waarbij met behulp van enzymen een stuk DNA uit een cel van een organisme 'geknipt, wordt en vervangen door een stuk DNA van een ander soort organisme
recombinatie	De herverdeling van genen bij seksuele voortplanting (herschikking van gencombinaties tijdens de meiose)
selecteren	Uitzoeken van de best geschikte ouderdieren of planten in een fok/teelt programma
spermarietjes	Kunstofrietjes, gevuld met sperma die bij zeer lage temperaturen worden ingevroren en later weer ontdooid worden ten behoeve van kunstmatige inseminatie
SRY-gen	Gen op het Y-chromosoom dat voor de mannelijke ontwikkeling van het embryo zorgt
superovulatie	een ovulatie waarbij, door hormooninjecties meerdere eicellen rijpen en vrijkomen
syndroom van Down	'Mongooltje' trisomie op chromosoompaar 21
transgeen organisme	Organisme waarbij door middel van recombinant DNA techniek een gen uit een ander soort organisme in het genetisch materiaal is ingebouwd
trisomie	Een chromosoomtrio in plaats van -paar
tweeling-onderzoek	Onderzoek naar de verschillen en overeenkomsten tussen de twee individuen uit een eeneiige tweeling die apart zijn opgevoed
veredelde organismen	het resultaat van zorgvuldig fokken; organismen die een voor de mens gewenste eigenschap bezitten
vlokkentest	Gentest op de vlokken van de zich ontwikkelende placenta van een 10 weken oud embryo
vruchtwaterpunctie	Gentest op de cellen uit het vruchtwater van een 16 weken oud embryo

4 Oefening "Jongen of meisje?"

Bij de bevruchting versmelten de kernen van zaadcel en eicel. De chromosomen in de zygote (bevruchte eicel) vormen het erfelijk materiaal. Een afwijkend aantal chromosomen of een afwijkend chromosoom kan bij een embryo leiden tot ongewenste gevolgen in de ontwikkeling. Meestal betekent het zelfs het einde van de ontwikkeling van het embryo: de moeder krijgt een miskraam.

Bij bepaalde chromosoomafwijkingen ontwikkelt het embryo zich wel verder tot een baby, maar ontstaat een syndroom. (Van Dale: 'syndroom = complex van verschijnselen die kenmerkend zijn voor een bepaalde ziekte-toestand'). Voorbeelden van syndromen veroorzaakt door een chromosoomafwijking zijn: het Down's syndroom, het Cri-du-Chat syndroom, het Prader-Willi syndroom, het Klinefelter syndroom en het Turner syndroom. Deze laatste twee zijn voorbeelden van chromosoomafwijkingen in de aantallen van de geslachtschromosomen.

Normaal bevat een vrouw twee X-chromosomen en een man een X- en een Y-chromosoom. Hieronder zie je een **meiose-schema** waarin de verdeling van de geslachtschromosomen bij een man is weergegeven (merk op: aan het begin van de meiose zijn de chromosomen verdubbeld en bestaan ze steeds uit twee chromatiden):



Opdracht 1:
Bestudeer de tekst op de volgende bladzijden.

Opdracht 2:
Soms gaat er iets mis bij de verdeling van de chromosomen tijdens de meiose. Zoek uit hoe de volgende afwijkingen kunnen zijn ontstaan. Beschrijf de fouten op de volgende bladzijde in de vorm van een meiose-schema.

X-	22 paren normale chromosomen, één X-chromosoom	Syndroom van Turner. Geestelijk normaal. Opvallende huidplooiën aan weerskanten van de nek, vrij klein, onderontwikkelde eierstokken, weinig oksel- en schaamhaar, geen borstontwikkeling, geen menstruatie. Onvruchtbaar. Levensverwachting: normaal. Met hormoonbehandeling (oestrogeen) kunnen borsten alsnog groeien.
XXX	22 paren normale chromosomen, drie X-chromosomen	Slechts weinig merkbare afwijkingen. Lichte coördinatiestoornissen.
XXY	22 paren normale chromosomen, twee X-chromosomen en één Y-chromosoom	Syndroom van Klinefelter. Geestelijk normaal. Kleine zaadballen, onvruchtbaar, slecht ontwikkelde secundaire geslachtskenmerken, soms borstontwikkeling. Levensverwachting: normaal. Met een hormoonbehandeling (testosteron) kan een mannelijker bouw worden verkregen.
XYY	22 paren normale chromosomen, Eén X-chromosoom en twee Y-chromosomen	"Superman". Erg grote en stevige bouw.

Uitwerking opdracht 2:

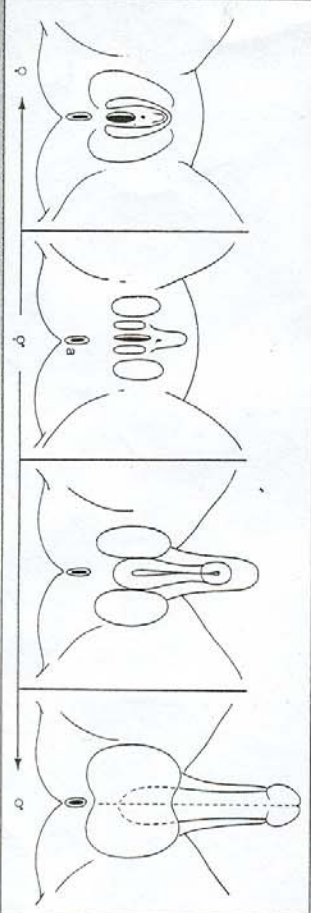
♂ JONGEN OF MEISJE? ♀

Er zijn jongens en meisjes, maar het is bij de geboorte niet altijd duidelijk welk geslacht het kind heeft. Tussen mannen en vrouwen bestaan verschillen. Wat moet je zeggen als het niet geheel duidelijk is of de baby een jongen of een meisje is?

Meestal hakt de dokter de knoop gewoon door.

GESLACHTSBEPALING
Wat maakt een jongen tot man en een meisje tot vrouw? Het simpelste antwoord is te zien als een man of vrouw de kleren uit doet. Dan zijn de primaire en secundaire geslachtsmerken te zien. Bij de vrouw vagina en borsten en bij de man teelballen, een penis en lichaamsbehaaring. Inwendig zijn er natuurlijk ook verschillen; zo heeft een vrouw een baarmoeder en eierstokken in de buikholte. Die geslachtsmerken zijn het gevolg van de geslachtelijke aanleg: een XX-chromosomencombinatie bij de vrouw en een XY-chromosomencombinatie bij de man.

TRANSEKSEUELEN EN INTERSEKSEN
De werkelijkheid is niet zo simpel. Er zijn transseksuelen, die zich man of vrouw voelen terwijl hun chromosomale aanleg juist van het andere geslacht is. Een man voelt zich dan vrouw en een vrouw kan het idee hebben dat ze een man is. Er is dan een kloof tussen hun aanleg en hun gevoel.



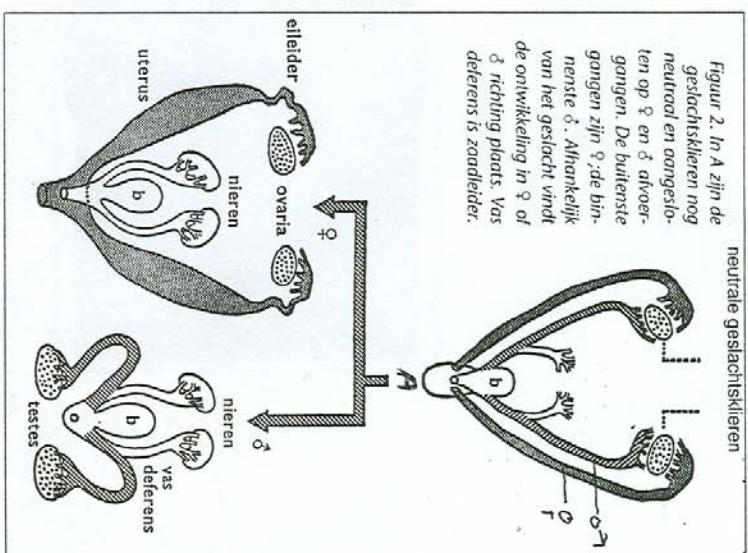
Figuur 1. Ontwikkeling van de uitwendige geslachtsorganen; mannelijk noch vrouwelijk; a=anus.

Er zijn ook intersekse: dat zijn personen met een onduidelijk geslacht. Dit geeft al aan dat de natuur ingewikkelder in elkaar zit dan in de biologies wordt voorgesteld. Onderzoek naar de geslachtelijke ontwikkeling van de mens levert een steeds ingewikkelder beeld op van de manier waarop een embryo tot man of vrouw ontwikkelt.

MANNELIJKE EN VROUWELIJKE GENEN

Een embryo is in het begin van zijn ontwikkeling nog geslachtsneutraal (Zie figuur 2). Rond veertig dagen na de bevruchting, gaat de ontwikkeling in een vrouwelijke of mannelijke richting.

In 1990 is het **SRY**-gen op het 'mannelijke' Y-chromosoom geïsoleerd. Dit zou het gen zijn, dat rond die veertig dagen het primitieve geslachtsklierweefsel in de richting van de aanleg van de teelballen stuurt. Die teelballen gaan dan na verloop van tijd testosteron produceren. Het gevolg is dat zich een penis ontwikkelt. Resultaat bij de geboorte: een jongetje. Meisjes (XX) hebben dat gen niet, dus die



Figuur 2. In A zijn de geslachtsklieren nog neutraal en aangesloten op ♀ en ♂ afvoergangen. De buitenste gangen zijn ♀, de binnenste ♂. Afzonderlijk van het geslacht vindt de ontwikkeling in ♀ of ♂ richting plaats. Vas deferens is zaadleider.

ontwikkelen zich tot vrouw. Maar deze verklaring was niet afdoende, want er bleken mensen te zijn, die het SRY-gen bezaten en toch vrouwelijke geslachtsmerken hadden. Dit komt doordat op het 'vrouwelijke' X-chromosoom of op een van de andere chromosomen een factor is, die bepaalt of het embryo volledig tot man uitgroeit.

Er is inderdaad een stukje DNA in het X-chromosoom dat meehelpt aan de ontwikkeling van het mannelijk geslacht. Maar de zaak is nog ingewikkelder. In augustus 1994 is een DNA-fragment gevonden dat ook invloed heeft op de geslachtsbepaling: het wordt voorlopig **DSS** (dosa-ge sensitive sex-reversal) genoemd. Als dit fragment

Figuur 3. Het 'geslachtspectrum': een impressie van de graduele geslachtsverschillen bij de mens.

in tweevoud aanwezig is, ontwikkelt een embryo met een XY-combinatie zich tot vrouw.

Twee jaar eerder is er ook een gen op het X-chromosoom gevonden, dat het manzijn mede bepaalt. Het is nog niet bekend of dit gen hetzelfde is als DSS.

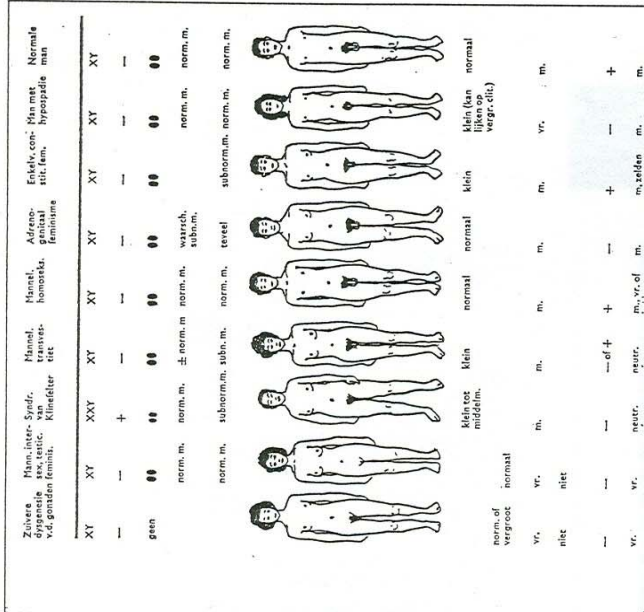
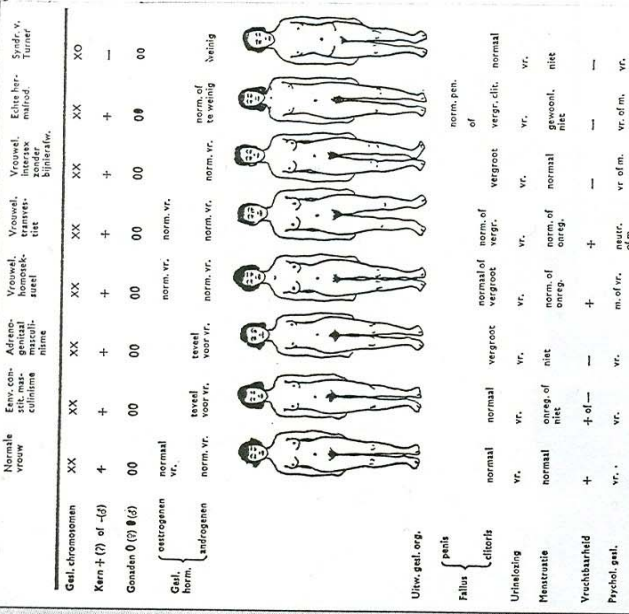
Deze factor heet **TDF-X** (testis-determining-factor).

Waarschijnlijk is het SRY-gen krachtiger dan het TDF-X-gen.

NORMALE EN ABNORMALE MALE SITUATIES

In de normale situatie legt bij de mannelijke combinatie van geslachtschromosomen (XY) het SRY-gen op het Y-chromosoom het TDF-X-gen op het X-chromosoom het zwiigen op; het TDF-X-gen is dan maar één keer aanwezig. In dat geval ontwikkelen de geslachtsklieren zich tot zaadbal.

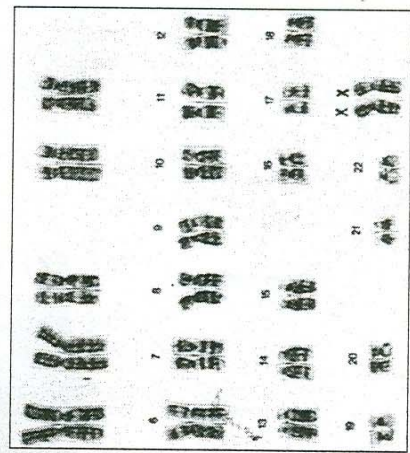
In de vrouwelijke combinatie (XX) is geen SRY-gen actief en wordt TDF-X niet onderdrukt. Het TDF-X kan op zijn beurt andere zaad-



Figuur 4. Chromosomen van de mens (vrouw). Foto genomen tijdens een mitose. De chromosomen zijn in paren gerangschikt.

balvormende genen uit-schakelen, zodat de geslachtsklieren zich tot eierstokken ontwikkelen.

het SRY-gen niet sterk genoeg om TDF-X te onderdrukken. Dan ontwikkelt het embryo zich ondanks de XY-combinatie niet tot man. Dus XY is niet altijd een man; het hangt er vanaf hoe het X-chromosoom er



Figuur 5. Indeling van de menselijke (man) chromosomen.

precies uit ziet. De tweedeling van de mensheid in of van of vrouw is minder vanzelfsprekend dan het lijkt. Er is een geleidelijke overgang met man en vrouw aan beide uiteinden en allerlei variaties daar tussen in. Je kunt een man of een vrouw op verschillende niveaus definiëren: de uiterlijke verschijningsvorm, de geslachtschromosomen, de verhouding tussen SRY en TDF-X op DNA-niveau, maar ook op het niveau van het gedrag of gevoel, de geslachtelijke identiteit van een persoon. Variaties komen op elk niveau voor. Daar zijn vele boeken over geschreven, maar waar het meestal om draait is: zit er een piemelleje aan of niet? De geboorte van een kind met onduidelijk geslacht is overigens een zeldzaamheid. Dat is ongeveer één op de 10.000 pasgeborenen. Bij een kind van onduidelijk geslacht wordt over het algemeen gekozen voor een meisje. Het is eenvoudiger om iets weg te nemen dan er iets aan vast te plakken.

Marijke Domis

5 Algemeen geldende regels rond kruisingsvraagstukken

Notatie van allelen:

Dominant/recessief:

Het dominante allel wordt weergegeven met een hoofdletter

Het recessieve allel wordt weergegeven met een overeenkomende kleine letter.

Let op: gebruik geen hoofd- en kleine letters die op elkaar lijken (P en p)!

Bijv: Allel voor rode bloemen = dominant = R

Allel voor witte bloemen = recessief = r

X-chromosomale allelen:

Als allelen op het X-chromosoom liggen, gebruik je een X met als superscript de letter voor dominant/recessief.

Let op: het Y-chromosoom bij mannen is bijna leeg. Gebruik een Y, maar zonder allel.

Bijv: Allel voor rode bloemen = dominant, X-chromosomaal = X^R

Allel voor witte bloemen = recessief, X-chromosomaal = X^r

Co-dominante allelen:

Als allelen intermediair zijn gebruik je een hoofdletter I met als superscript een letter voor het allel.

Let op: er is dus geen sprake van dominant/recessief.

Bijv: Allel voor rode bloemen = intermediair met allel voor witte bloemen = I^R

Allel voor witte bloemen = intermediair met allel voor rode bloemen = I^W

(Als een plant beide allelen bevat heeft het een *intermediair* fenotype: roze bloemen.)

Kansberekening:

- Het voorkomen van gebeurtenis A en B: vermenigvuldig de kans op A met de kans op B
- Het voorkomen van gebeurtenis A of B: tel kans op A op bij de kans op B

Afleiding:

Vaak moet je uit een stamboom of uit gegevens afleiden of een allel **dominant of recessief** is. Gebruik dan de volgende regel:

- Twee homozygoot recessieve ouders krijgen nooit dominante kinderen

Vaak moet je uit een stamboom afleiden of een gen **X-chromosomaal** is. Gebruik dan de volgende regels:

Als een gen op het X-chromosoom ligt, dan geldt:

- Dominante vaders hebben altijd dominante dochters
- Dominante zoons hebben altijd een dominante moeder

6 Oefeningen deel 1 (monohybride kruisingen)

Rupsen en vlinders

- 1 Het genotype van een rups wordt vergeleken met het genotype van de vlinder die uit de rups ontstaat.
- Hebben de rups en de vlinder hetzelfde of een verschillend genotype?
 - En hebben ze hetzelfde of een verschillend fenotype?

Over chromosomen

- 2 Noteer of de volgende beweringen juist of onjuist zijn.
- Geslachtschromosomen komen alleen voor in de kernen van geslachtscellen.
 - Alle chromosomen in geslachtscellen zijn geslachtschromosomen.
 - Een lichaamscel van een vrouw bevat 22 paar autosomen.
 - De autosomen van een man worden met XY aangegeven.
 - In een eikel van een mens kan (nog voor de bevruchting) een Y-chromosoom voorkomen.
 - Het geslacht van een mens wordt bepaald op het moment waarop geslachtsgemeenschap plaatsvindt.
 - Als een eikel wordt bevrucht door een zaadcel met een Y-chromosoom, ontwikkelt zich hieruit een jongetje.
 - Als een zygote een X- en een Y-chromosoom bevat, is het X-chromosoom afkomstig van de vader.

Monohybride kruisingen

- 3 Een zwartharig en een witharig konijn worden gekruist. Beide konijnen hebben zwartharige ouders. Uit de kruising ontstaan vijf jongen: vier zwarte en één witte. Nu wordt verder gefokt met de vier zwarte jongen.
Welke fenotypen zijn te verwachten onder de eerste generatie nakomelingen van deze zwarte dieren en in welke verhouding?
- 4 Een witbloeiende primula wordt bestoven met stuifmeel van een roodbloeiende primula. De planten die hieruit ontstaan hebben allemaal roze bloemen. Deze F1-individuen planten zich onderling voort.
Welk deel van de F2 zal roze bloemen hebben?
- 5 Een zwarte kater wordt gekruist met een lapjeskat (een lapjeskat heeft per lichaamscel een allel voor zwarte vacht en een allel voor gele vacht). De vachtkleur bij katten wordt veroorzaakt door een X-chromosomaal gen.
Hoe groot is de kans dat hun eerste nakomeling een gele vrouwtjeskat is?

Een gen met drie allelen

- 6 Bij een bepaalde zoogdiersoort komen drie oogkleurallelen voor: O, m, n. Deze allelen zijn X-chromosomaal. Het dominante allel O veroorzaakt bruine ogen; de recessieve allelen m en n veroorzaken in homozygote toestand respectievelijk rode en witte ogen; dieren met zowel het allel m als het allel n hebben roze ogen.
Een bruinogig vrouwtje en een onbekend mannetje hebben een talrijke nakomelingschap. Van de mannetjes van deze nakomelingen heeft de helft bruine ogen, de andere helft heeft rode ogen. Van de vrouwtjes van deze nakomelingen heeft de helft bruine ogen, de andere helft heeft roze ogen.
Wat was de oogkleur van het onbekende mannetje?

Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

7 Oefeningen deel 2 (monohybride kruisingen)

Moeilijke monohybride kruisingen

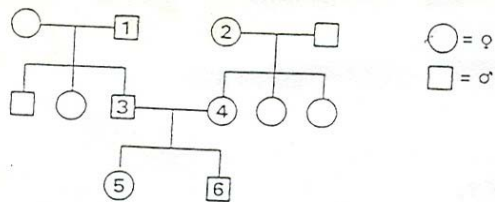
- 7 Twee bruinogige ouders krijgen een kind met blauwe ogen.
a. Welk allel is dominant, dat voor blauwe of dat voor bruine ogen?
b. Hoe groot is de kans dat zowel een eerste als een tweede kind blauwe ogen heeft?
- 8 Bij de kleine brandnetel komt een recessief allel voor dat de vorming van bladgroen belemmert. Individuen die voor dit allel homozygoot zijn, vormen geen bladgroen. Heterozygote individuen bevatten minder dan de normale hoeveelheid bladgroen (Bleekgroen), hun vruchtbaarheid is normaal. Een normaal groene plant wordt gekruist met een bleekgroene plant. De talrijke individuen van de eerste generatie nakomelingen worden onderling gekruist. Welk deel van de dan verkregen generatie zal tengevolge van het ontbreken van bladgroen niet levensvatbaar zijn?
- 9 Bij een bepaalde diersoort komen drie allelen voor haarkleur voor. De allelen voor zwart haar en voor lichtbruin haar zijn dominant over die voor wit haar. Individuen met een allel voor zwart haar en een allel voor lichtbruin haar hebben donkerbruin haar. Twee individuen krijgen nakomelingen. Bij de nakomelingen komen alle haarkleuren voor: zwart, donkerbruin, lichtbruin en wit. Wat is het genotype van de ouders?
- 10 Bij bananenvliegjes hebben de vrouwtjes twee X-chromosomen. In de kern van een lichaamscel en de mannetjes een X- en een Y-chromosoom. Door radio-actieve straling veranderde bij een mannelijk bananenvliegje een dominant allel in een recessief allel. Dit gebeurde in het X-chromosoom van een cel waaruit spermacellen ontstaan. Dit mannetje paart met een vrouwtje bij wie dit recessieve allel niet voorkomt. Ze krijgen nakomelingen: de F1- generatie. Vervolgens ontstaat daaruit nog een F2-generatie. Aangenomen wordt dat geen andere mutaties dan de genoemde plaatsvinden. In welke generatie zou voor het eerst een vliegje gevonden kunnen worden waarbij dit recessieve allel in het fenotype tot uiting komt? Is dit dan het geval bij de mannetjes of bij de vrouwtjes van die generatie?
- 11 Bij de harlekijnvlinder hebben de vrouwtjes in elke lichaamscel een X- en een Y-chromosoom en de mannetjes twee X-chromosomen: dit in tegenstelling tot de situatie bij de mens. De genen voor vleugelkleur zijn X-chromosomaal. Een vrouwtje met bleekgele vleugels wordt gekruist met een mannetje met gele vleugels. Alle nakomelingen hebben gele vleugels. Deze nakomelingen (de F1) paren onderling. Welke fenotypen komen voor in de F2 en in welke verhouding?
- 12 Een vrouwelijk fruitvliegje met rode ogen wordt gekruist met een mannelijk fruitvliegje met witte ogen. Het gen voor oogkleur bij fruitvliegjes is X-chromosomaal. De vele nakomelingen hebben allen rode ogen. De nakomelingen worden onderling verder gekruist, zodat een F2 ontstaat. Wat is de kans op vrouwtjes met witte ogen in de F2?

Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

8 Oefeningen deel 3 (monohybride kruisingen)

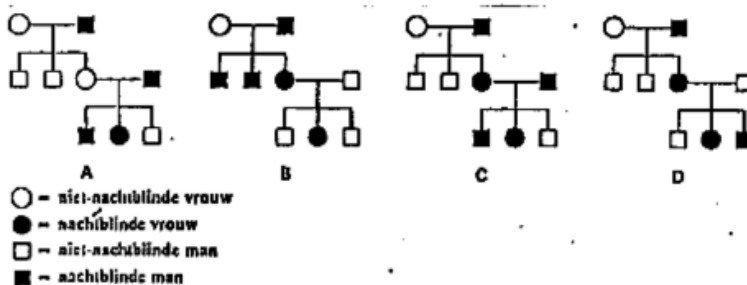
Stambomen

- 13 Van de individuen 5 en 6 uit onderstaande stamboom is bekend dat ze blauwe ogen hebben. Het allel voor blauwe ogen is recessief ten opzichte van dat voor bruine ogen. Het gen voor oogkleur is autosomaal.

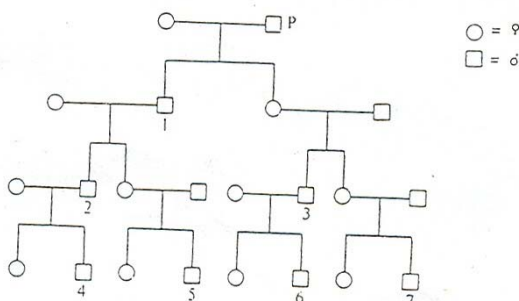


Is met zekerheid te zeggen of één van de individuen 1, 2, 3 of 4 blauwe ogen heeft? Zo ja, welk individu heeft of welke individuen hebben blauwe ogen?

- A nee, dit is niet met zekerheid te zeggen.
 B ja, individu 1 of individu 2
 C ja, individu 3 of individu 4.
 D ja, individu 3 *en* individu 4.
- 14 Een bepaalde vorm van nachtblindheid bij de mens wordt door een recessief X-chromosomaal allel veroorzaakt. In de afbeelding hieronder zijn vier stambomen getekend. Welke stamboom kan de overerving van deze vorm van nachtblindheid in een familie juist weergeven? Verklaar je antwoord.



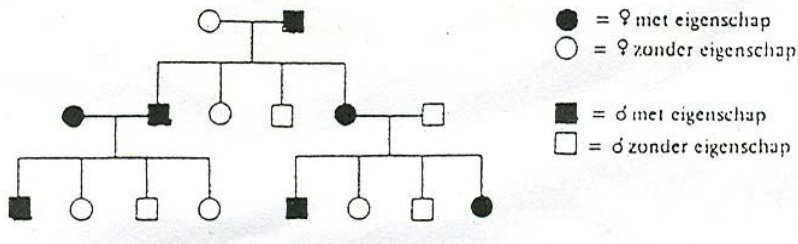
- 15 Kleurenblindheid wordt bij de mens veroorzaakt door een recessief X-chromosomaal allel. Persoon P in de stamboom is kleurenblind.



Bij welke van de personen 1 t/m 7 kan het allel voor kleurenblindheid afkomstig van P door overerving terecht zijn gekomen?

- A bij 1, bij 2 en bij 4
 B bij 1 en bij 5
 C bij 3 en bij 6
 D bij 3 en bij 7

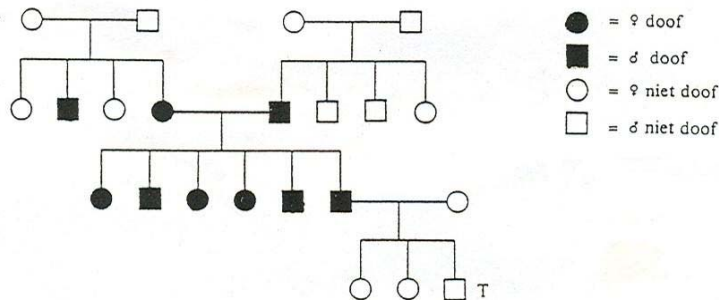
- 16 In de stam boom van een familie is het voorkomen van een bepaalde erfelijke eigenschap weergegeven.



Is het allel dat de eigenschap veroorzaakt recessief? En is het X-chromosomaal?

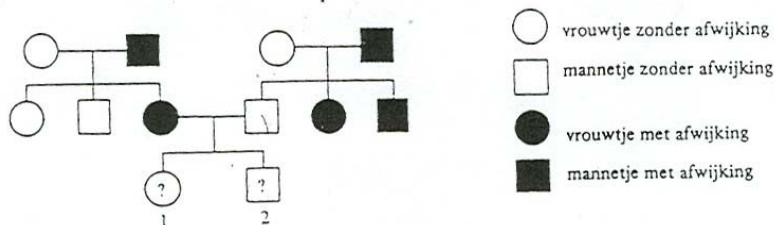
- | | <u>Recessief</u> | <u>X-chromosomaal</u> |
|---|------------------|-----------------------|
| A | ja | ja |
| B | ja | nee |
| C | nee | ja |
| D | nee | nee |

- 17 De overerving van een bepaalde vorm van doofheid is in de stamboom aangegeven. De allelen G en g spelen een rol bij de bepaling van het gehoorvermogen.



Wat is het genotype van persoon T?

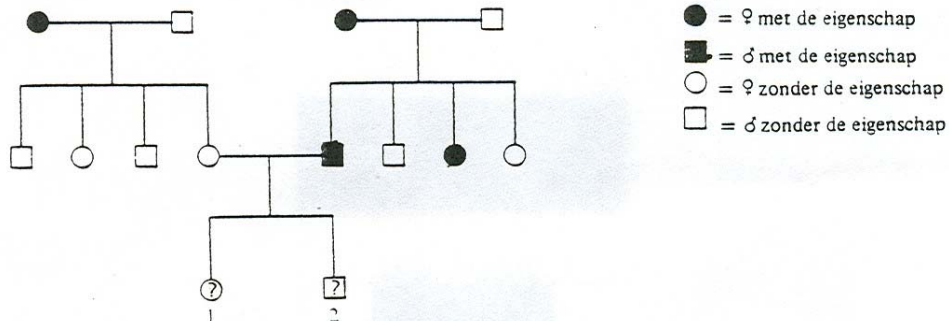
- A GG
 B Gg
 C $X^{G}Y$
 D $X^{g}Y$
- 18 Bij vogels heeft het mannetje per diploïde cel twee X-chromosomen en het vrouwtje een X- en een Y-chromosoom. In de stamboom wordt de overerving van een afwijking weergegeven. Het allel dat deze afwijking veroorzaakt is X-chromosomaal



Zal 1 deze afwijking hebben? En 2?

- | | <u>1</u> | <u>2</u> |
|---|----------|----------|
| A | ja | ja |
| B | ja | nee |
| C | nee | ja |
| D | nee | nee |

- 19 Van een bepaalde erfelijke eigenschap bij mensen is bekend dat het allel dat deze eigenschap veroorzaakt in het X-chromosoom ligt. De stamboom geeft de overerving van deze eigenschap weer

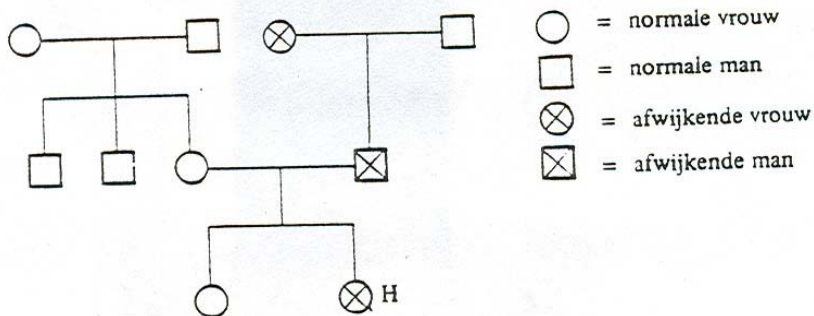


Is de eigenschap aanwezig bij persoon 1?

En bij persoon 2?

- | | eigenschap bij persoon 1 | eigenschap bij persoon 2 |
|---|--------------------------|--------------------------|
| A | ja | ja |
| B | ja | nee |
| C | nee | ja |
| D | nee | nee |

- 20 In de stamboom is weergegeven bij welke personen uit een bepaalde familie een erfelijke afwijking voorkomt. Deze afwijking erft X-chromosomaal over.



Vrouw H trouwt met een normale man.

Kan ze nu normale zoons krijgen?

En afwijkende dochters?

- | | normale zoons | afwijkende dochters |
|---|---------------|---------------------|
| A | ja | ja |
| B | ja | nee |
| C | nee | ja |
| D | nee | nee |

Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

Antwoorden oefeningen deel 2 (monohybride kruisingen)

- 7 a. Het allel voor bruine ogen moet dominant zijn, want anders zouden nooit blauwe ogen kunnen ontstaan in de nakomelingschap.
b. Beide ouders moeten heterozygoot zijn: Aa x Aa.
De kans dat het eerste kind blauwe ogen (aa) heeft is dan 1/4.
De kans dat het tweede kind blauwe ogen heeft is ook 1/4.
De kans dat beide kinderen blauwe ogen hebben is $1/4 \times 1/4 = 1/16$.

- 8 Met bladgroen = dominant = A; zonder bladgroen = recessief = a.
Normale plant = AA; bleekgroene plant = Aa; plant met aa heeft geen bladgroen en kan dus niet leven.
P: AA x Aa
F1: AA en Aa

Snelste methode om het antwoord op de vraag te vinden:
mogelijke kruisingen voor de F2: AA x AA, AA x Aa, Aa x AA en Aa x Aa.
aa kan alleen ontstaan na een kruising van Aa x Aa.
De kans op zo'n kruising is 1/4.
De kans dat uit zo'n kruising aa ontstaat is 1/4.
Totale kans op aa is $1/4 \times 1/4 = 1/16$

Andere methode (maar omslachtiger):
De talrijke individuen uit de F1 (AA en Aa) kunnen de volgende gameten maken:
A of A en A of a
Kruisingsschema voor F2:

	A	A	A	a
A	AA	AA	AA	Aa
A	AA	AA	AA	Aa
A	AA	AA	AA	Aa
a	Aa	Aa	Aa	aa

Conclusie: de kans op aa is 1/16.

- 9 Mogelijke genotypen die bij de fenotypen behoren:
zwart: $A^Z A^Z$ of $A^Z a$
lichtbruin: $A^L A^L$ of $A^L a$
donkerbruin: $A^Z A^L$
wit: aa
Als de nakomelingen alle mogelijke kleuren hebben, kunnen de genotypen van de ouders alleen $A^Z a$ en $A^L a$ zijn geweest.
- 10 P: $X^A X^A \times X^a Y$
F1: $X^A X^a$ en $X^A Y$
Pas bij de F2 kunnen er mannetjes ontstaan met genotype $X^a Y$ en komt het recessieve allel tot uiting.
- 11 P: Bleekgeel x geel
F1: 100% geel
Dus Geel = dominant = G; bleekgeel = recessief = g
Invullen:
P: $X^G Y \times X^G X^g$
F1: $X^G Y$ en $X^G X^g$
doorkruisen voor F2: $X^G Y \times X^G X^g$
F2: $X^G Y$ en $X^g Y$ en $X^G X^G$ en $X^G X^g$
fenotypen: geel vrouwtje : bleekgeel vrouwtje : geel mannetje = 1 : 1 : 2
Fenotypen algemeen: geel : bleekgeel = 3 : 1
- 12 Alle nakomelingen hebben rode ogen. Hieruit volgt dat rood = dominant = X^R en wit = recessief = X^r
Omdat alle nakomelingen rode ogen hebben, moet het vrouwtje homozygoot zijn, dus: $X^R X^R$
P: $X^R X^R \times X^r Y$
F1: $X^R X^r$ en $X^R Y$
F2: kans op vrouwtje met witte ogen ($X^r X^r$) is dan nul.

Antwoorden oefeningen deel 3 (monohybride kruisingen)

- 13** A
Alle individuen 1 t/m 4 kunnen heterozygoot zijn voor oogkleur (dus zowel het allel voor blauwe ogen als het allel voor bruine ogen in zich dragen). Geen van de individuen 1 t/m 4 hoeft dus blauwe ogen te hebben. Dus antwoord A is goed.
- 14** Nachtblinde vrouwen (X^aX^a) kunnen nooit niet-nachtblinde zonen (X^AY) krijgen, dus de enige juiste stamboom is stamboom A.
- 15** D
K = kleurenziend, k = kleurenblind, dus de kleurenblinde man P heeft genotype X^kY . Deze vader kan allel X^k nooit doorgeven aan een zoon. Dus antwoord A en B vallen af. Antwoord C valt ook af want vader 3 kan zijn eventuele allel X^k niet doorgeven aan zoon 6. Dus antwoord D is goed.
- 16** D
Stel dat het allel recessief is. II_1 en II_2 zijn dan beide homozygoot recessief. Toch krijgen zij gezonde kinderen. Dit klopt niet volgens de wetten van Mendel. Het allel moet dus dominant zijn.
Stel dat het allel X-chromosomaal is. Zoon II_2 kan dan dit dominante allel alleen van moeder I_1 hebben gekregen (want van vader I_2 kreeg hij het Y-chromosoom). De moeder heeft dit dominante allel echter helemaal niet. Het allel kan dus niet X-chromosomaal zijn. Dus antwoord D is goed.
- 17** B
Het genotype van T kan pas vastgesteld worden als bekend is
1. of het allel voor doofheid dominant is of recessief,
2. of het een X-chromosomaal allel is of niet.
De man en vrouw op regel 1 links zijn niet doof; twee van hun kinderen zijn doof. Dus het allel voor doofheid is recessief (g) ten opzichte van het allel voor normaal gehoor (G).
Als het allel voor doofheid X-chromosomaal is dan is het genotype van de man (regel 1 links): X^gY ; elke dochter krijgt van deze man dan het X-chromosoom met allel g en alle dochters zijn dan niet doof. Eén van zijn dochters is echter wel doof. Dus het allel voor doofheid is niet X-chromosomaal.
Persoon T is niet doof. Dus allel G is aanwezig; T heeft van zijn vader (genotype gg) allel g gekregen.
Dus genotype T: Gg
- 18** C
Eerst wordt bepaald of het allel dat de afwijking veroorzaakt, dominant of recessief is.
Stel allel recessief: X^e
Op regel 1 links: vrouwtje zonder x mannetje met
genotype: $X^EY \times X^eX^e$
Nakomelingen: mannetjes allen X^EX^e en vrouwtjes allen X^eY
Dit klopt niet.
Dus allel moet dominant zijn.
Op regel 2: vrouwtje met x mannetje zonder
genotype: $X^EY \times X^eX^e$
genotype dochter 1: X^eY dus fenotype zonder
genotype zoon 2: X^EX^e dus fenotype met
- 19** B
Stel dat het allel dat de eigenschap veroorzaakt recessief is. I_1 en I_2 (dan $X^kX^k \times X^KY$) hebben zonen zonder de eigenschap (X^KY). Dit kan niet, dus het allel is dominant.
Nu kun je de stamboom invullen: $II_4 \times II_5$ ($X^kX^k \times X^KY$) geeft altijd dochters met de eigenschap (X^kX^k) en zonen zonder de eigenschap (X^KY). Dus antwoord B is goed.
- 20** D
Eerst wordt bepaald of het allel dat de afwijking veroorzaakt, dominant of recessief is.
Stel het allel is dominant: E
Op regel 2 rechts: normale vrouw x afwijkende man
genotype: $X^eX^e \times X^EY$
nakomelingen: zonen allemaal X^eY , dochters allemaal X^EX^e
Dus alle dochters zijn afwijkend. Dit klopt niet.
Dus allel moet recessief zijn: e
Genotype van H en man van H: X^eX^e (H) en X^EY (man H)
Genotype nakomelingen: X^EX^e (dochters) en X^eY (zonen)
Fenotype nakomelingen: alle dochters normaal, alle zonen afwijkend.

10 Oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 7

Aandachtspunten voor deze oefening:

- Dit is een oefening waarbij je wordt beoordeeld volgens examennormen.
- Werk dus alleen en zonder overleg.
- In principe werk je zonder hulpmiddelen. Als het echt niet lukt, kun je je boek raadplegen.
- Let op het aantal punten dat je voor een vraag kunt verdienen:
 - o Bij open vragen verdien je voor ieder logische (en helder verwoorde!) redeneerstap of berekening een punt. **Dat betekent dat je bij open erfelijkheidvragen ALTIJD berekeningen moet opschrijven!**
 - o Voor een juist beantwoorde meerkeuzevraag verdien je altijd 2 punten. Hierbij hoeft je geen berekening te geven.
- Let ook op de tijd: je moet dit soort vragen uiteindelijk vrij vlot kunnen maken.
- Beoordeel na afloop serieus.
- Gebruik daarbij het antwoordmodel alsof je een examiner bent.
- Doe met deze oefening je voordeel bij de voorbereiding voor het schoolexamen en het eindexamen!

Succes!

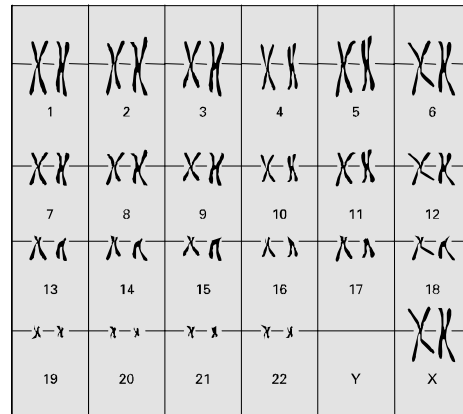
Bij bijen

- 2p 1 Bij bijen ontstaan mannetjes uit onbevuchte eicellen, en vrouwtjes uit bevruchte eicellen. Bij bijen legt alleen de koningin eieren.
Wat is juist?
- A In vrouwtjes kan recombinatie plaatsvinden, in mannetjes niet.
 - B Bij mannetjes en vrouwtjes ontstaan gameten door mitose.
 - C Alle mannetjes die uit één koningin ontstaan zijn genetisch gelijk.

Chromosoomafwijkingen

- 2p 2 Ongeveer 1 op de 10 000 levend geboren meisjes heeft het syndroom van Turner. In de puberteit gaan bij deze meisjes de ovaria niet functioneren. Het syndroom van Turner ontstaat onder andere wanneer een eicel wordt bevrucht door een abnormale zaadcel zonder geslachtschromosoom.
Over het syndroom van Turner, dat op deze wijze is veroorzaakt, worden de volgende beweringen gedaan:
- 1 Personen met het syndroom van Turner zijn gekenmerkt door XXX (3 X chromosomen).
 - 2 Een vader met een dochter met het syndroom van Turner kan zaadcellen produceren met een normaal aantal chromosomen per zaadcel.
 - 3 Een meisje met syndroom van Turner krijgt kinderen met syndroom van Turner.
 - 4 Personen met het syndroom van Turner zijn gekenmerkt door XO (één X chromosoom).
 - 5 Het syndroom van Turner is alleen bij vrouwen mogelijk
- Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
Noteer het nummer van de juiste bewering of de nummers van de juiste beweringen.

- 2p 3 Bij het syndroom van Turner is in de celkern slechts één X-chromosoom aanwezig, terwijl het Y-chromosoom ontbreekt (XO). Bij het syndroom van Klinefelter zijn er drie geslachtschromosomen (XXY) in de celkern aanwezig. In onderstaande figuur is een karyogram van een mens weergegeven. Wat is er met deze persoon aan de hand?



3

- A Deze persoon is een normale man.
- B Deze persoon is een normale vrouw.
- C Deze persoon is een vrouw met het syndroom van Turner.
- D Deze persoon is een vrouw met het syndroom van Klinefelter.
- E Deze persoon is een man met het syndroom van Turner.
- F Deze persoon is een man met het syndroom van Klinefelter.

Milieu en fenotype

- 2p 4 Hoe kun je de invloed van het milieu op het fenotype onderzoeken?
- A Door individuen met gelijk genotype in verschillende milieus op te kweken
 - B Door individuen met gelijk genotype in gelijk milieu op te kweken.
 - C Door individuen met verschillend genotype in gelijk milieu op te kweken.
 - D Door individuen met verschillend genotype in verschillende milieus op te kweken.

Tweelingonderzoek

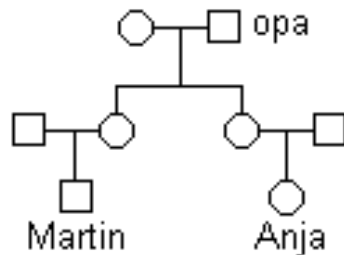
In de twintigste eeuw zijn regelmatig uitspraken gedaan over de mogelijke erfelijkheid van eigenschappen als criminaliteit, verbeeldingskracht, muzikaliteit en intelligentie. Met behulp van tweelingonderzoek probeerde men bewijzen voor deze uitspraken te vinden. Eeneiige tweelingen die ter adoptie zijn gegeven en in verschillende pleeggezinnen terecht zijn gekomen zijn een geliefkoosd object voor onderzoekers die zich met de verhouding 'nature-nurture' bezighouden. In de praktijk zitten er nogal wat haken en ogen aan. Zowel tweelingen als pleegouders horen per definitie tot geselecteerde groepen en zijn zeker niet representatief voor de doorsnee bevolking. Bovendien komen vanzelfsprekend alleen tweelingen in aanmerking waarvan het bestaan bekend is.

Bij een onderzoek in de dertiger jaren van de vorige eeuw waarbij 20 gescheiden opgroeide eeneiige tweelingen betrokken waren, was een controlegroep van niet-gescheiden eeneiige tweelingen. Er werd een correlatie van 0,67 gevonden tussen de intelligentiequotiënten van de gescheiden opgegroeide eeneiige tweelingen. Bij een volledige overeenkomst wordt een correlatie van 1,00 gevonden.

- 2p 5 Leg uit waarom de onderzoekers speciaal eeneiige tweelingen nodig hadden.
- 2p 6 Wat is de correlatie (=verband) tussen intelligentiequotiënten binnen de groep van eeneiige tweelingen die niet van elkaar zijn gescheiden?
- A Deze correlatie heeft een waarde kleiner dan 0,67.
 - B Deze correlatie is 0,67.
 - C Deze correlatie heeft een waarde tussen 0,67 en 1,00.
 - D Deze correlatie is 1,00.

Een erfelijke ziekte

2p 7



De opa van Martin (zie stamboom hierboven) is drager van een allel van een erfelijke ziekte. Dat is zeker want de overgrootmoeder van Martin is eraan overleden. Net als de opa van Martin is 1 op de 10.000 Nederlanders drager van het allel.
Hoe groot is de kans dat Martin ook drager is van het allel? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

2p 8 Hoe groot is de kans dat Martin vader wordt van een kind dat de ziekte heeft als de moeder een willekeurige Nederlandse is? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

2p 9 Hoe groot is de kans dat Martin vader wordt van een kind dat de ziekte heeft als de moeder zijn nichtje Anja is? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

Vleugelkleur van Harlekijnvlinders

4p 10 Bij de harlekijnvlinder hebben de vrouwtjes in elke lichaamscel een X- en een Y-chromosoom en de mannetjes twee X-chromosomen; dit in tegenstelling tot de situatie bij de mens.
De genen voor vleugelkleur zijn X-chromosomaal.
Een vrouwtje met bleekgele vleugels wordt gekruist met een mannetje met gele vleugels. Alle nakomelingen hebben gele vleugels. Deze nakomelingen (de F1) paren onderling.
Welke fenotypen komen voor in de F2 en in welke verhouding?

Bloedgroepen bij de mens

Bij mensen komt een bloedgroep-gen voor waarvan drie allelen bestaan: het A-allel, het B-allel en het 0-allel. Fenotypisch behoren de mensen tot bloedgroep A, B, AB of 0. Het 0-allel is recessief ten opzichte van beide andere allelen; het A-allel en het B-allel zijn gelijkwaardig (co-dominant).

2p 11 Wat zijn de mogelijke genotypen van de mensen die tot de verschillende bloedgroepen behoren?

1p 12 Als beide ouders tot de 0-groep behoren, tot welke bloedgroep(en) behoren de kinderen dan?

2p 13 Tot welke bloedgroep(en) kan de andere ouder van een kind dat tot de A-groep behoort behoren als de ene ouder tot bloedgroep B behoort?

4p 14 **(MOEILIK EN LASTIG! Dus een uitdaging!)** Hoe groot is de kans dat een kind van wie beide grootvaders tot bloedgroep 0 en beide grootmoeders tot bloedgroep AB behoren tot bloedgroep A zal behoren?

EINDE

12 Oefeningen deel 4 (dihybride kruisingen)

- 1 Bij de mens zijn de grootte van de kaken en de grootte van de tanden eigenschappen die op verschillende chromosomen liggen. De eigenschap grote tanden (T) is dominant over kleine tanden (t). De eigenschap kleine kaken (K) is dominant over grote kaken (k).
Negers bezitten grote tanden (homozygoot) in grote kaken en Hottentotten bezitten kleine tanden in kleine kaken (homozygoot).
Hoe groot is de kans op *engstand* (=grote tanden in kleine kaken) bij de kleinkinderen na een kruising tussen negers en Hottentotten als hun kinderen huwen met een neger?
- 2 Bij het honderas "Cocker spaniël" wordt een effen vacht veroorzaakt door een dominant allel (E) en een witgeklepte vacht door een recessief allel (e). Een zwarte vacht wordt veroorzaakt door een dominant allel (F) en een rode vacht door een recessief allel (f).
De genen liggen op verschillende chromosomen en niet op het X-chromosoom.
Een effen rood mannetje en zwart witgeklepte vrouwtje krijgen een nest jongen van de volgende samenstelling: 1 effen zwart, 1 effen rood, 1 zwart witgeklept, 2 rood witgeklept.
Welke genotypen hebben de ouders van dit nest jongen?
- 3 Twee kippen paren met elkaar. Voor twee eigenschappen zijn zowel de haan als de hen heterozygoot. De allelen voor deze eigenschappen liggen op verschillende chromosomen en zijn niet X-chromosomaal. Er worden twee kuikens geboren: een haantje en een hennetje. Aangenomen wordt dat er geen mutaties optreden.
Hoe groot is de kans dat beide kuikens hetzelfde genotype zullen hebben als de ouders voor wat betreft deze twee eigenschappen? Noteer je berekening.
- 4 Bij konijnen is het allel B voor bruin haar dominant over het allel b voor wit haar. Het allel R voor een ruwe vacht is dominant over het allel r voor een gladde vacht.
Een konijn met bruin haar en een ruwe vacht wordt gekruist met een konijn met wit haar en een gladde vacht. Bij de nakomelingen zitten individuen met bruin haar en een ruwe vacht en individuen met wit haar en een gladde vacht.
Is het genotype van het ouderkonijn met bruin haar en een ruwe vacht BBRr of BbRr? Werk je antwoord uit.
- 5 Een plant die heterozygoot was voor twee eigenschappen werd gekruist met een andere plant die homozygoot recessief was voor deze beide eigenschappen.
Er werden 195 zaden verkregen, die werden uitgezaaid.
Welke van onderstaande getallenreeksen is in overeenstemming met de verwachting voor de fenotypen van deze laatste generatie?
- | | <u>fenotype I</u> | <u>fenotype II</u> | <u>fenotype III</u> | <u>fenotype IV</u> |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| A | 107 | 36 | 39 | 13 |
| B | 147 | 0 | 0 | 48 |
| C | 48 | 51 | 46 | 50 |
| D | 85 | 12 | 10 | 88 |
- 6 Bij hoenders wordt de kleur van het verenkleed bepaald door twee allelenparen. Het dominante allel R veroorzaakt een gekleurd verenkleed. Het recessieve allel r veroorzaakt een wit verenkleed. Het dominante allel Q veroorzaakt blokkering van de werking van allel R. Het verenkleed wordt dan wit. Het recessieve allel q veroorzaakt geen blokkering. De allelen R en r liggen in een ander chromosoom dan de allelen Q en q.
Een kip met het genotype QQRR wordt gekruist met een haan met het genotype qqrr. Hun nakomelingen worden onderling verder gefokt. Welk deel van de volwassen nakomelingen in de F2 zal, naar verwachting, een gekleurd verenkleed hebben?

Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

13 Oefeningen deel 5 (dihybride kruisingen)

- 7 Een aantal malen worden donkerbruine, kortharige cavia's, die allemaal hetzelfde genotype hebben, gekruist met witte, kortharige cavia's. De fenotypen van de nakomelingen en hun aantallen staan in de tabel:

<u>fenotype nakomelingen</u>	<u>aantal</u>
donkerbruin, kortharig	29
donkerbruin, langharig	9
wit, kortharig	31
wit, langharig	11

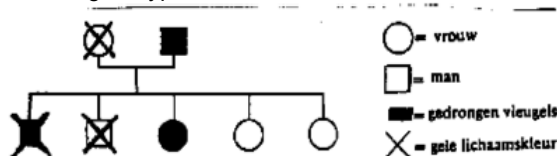
Wat zijn de genotypen van de ouders?

- 8 De kleur van kafjes (een bloemonderdeel) van haver kan zwart, grijs of wit zijn. Er zijn twee genen voor de kleur verantwoordelijk. De dominante allelen leveren afzonderlijk respectievelijk zwart of grijs op. Echter, als de dominante allelen *beide* aanwezig zijn, dan wordt het grijs "verborgen" en is het fenotype zwart. Als beide allelen homozygoot recessief aanwezig zijn, dan hebben de planten witte kafjes.
Welke genotypen en fenotypen (dit laatste met verhoudingsgetallen) vind je in de F2 uitgaande van een geheel homozygoot dominant exemplaar en een wit exemplaar?
- 9 Een bepaalde plantensoort heeft drie allelen voor de bloemkleur: de dominante allelen E^R voor rood en E^B voor blauw en het recessieve allel e voor wit. Een plant met het genotype $E^R E^B$ heeft paarse bloemen.
Er zijn bij deze plantensoort twee allelen voor de bloemgrootte: het dominante allel G voor grote bloemen en het recessieve allel g voor kleine bloemen.
Een kruising van twee individuen van deze soort levert een talrijke nakomelingschap op met acht verschillende fenotypen; 75% van de nakomelingschap is grootbloemig.
a) Wat zijn de genotypen van de met elkaar gekruiste individuen?
b) Hoe groot is de kans op het ontstaan van een individu met witte, kleine bloemen?
- 10 Een grote plant met witte bloemen werd gekruist met een grote plant met rode bloemen. De fenotypen van de nakomelingen en hun verhoudingen waren:
grote planten met rode bloemen (3)
grote planten met witte bloemen (3)
kleine planten met rode bloemen (1)
Kleine planten met witte bloemen (1)
Gebruik bij het antwoord de volgende gegevens: E en e zijn allelen voor de grootte van de plant; F en f zijn allelen voor de kleur van de bloemen. De genen liggen op verschillende chromosomen en niet op het X-chromosoom. Er zijn geen intermediaire fenotypen.
Welk(e) genotype(n) kan de grote ouderplant met de rode bloemen hebben gehad.

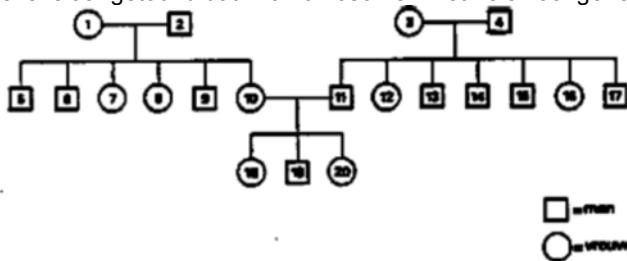
Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

14 Oefeningen deel 6 (dihybride kruisingen)

- 11 Bepaalde genen voor lichaamskleur en vleugelbouw bij *Drosophila* zijn X-chromosomaal: het allel G (grijze lichaamskleur) is dominant over het allel g (gele lichaamskleur); het allel N (normale vleugels) is dominant over het allel n (gedrongen vleugels). Onderstaande stamboom geeft de fenotypen weer van enige *Drosophila*-individuen. Er is geen sprake van crossing-over. Wat is het genotype van de moeder?



- 12 Bij *Drosophila* komen de X-chromosomale allelen E, e, F en f voor; de allelen E en F zijn dominant. De allelen E en f liggen samen op één chromosoom en de allelen e en F eveneens. Het allel E veroorzaakt een donkere lichaamskleur en het allel e veroorzaakt een lichte lichaamskleur. Individuen zonder het allel F in hun genotype sterven als embryo's. Er wordt een kruising uitgevoerd van donkere wijfjes met lichte mannetjes. De F1 bestaat uit talrijke individuen. Welke genotypen komen voor in de F1?
- 13 Een fruitvlieg met een grijs lichaam en normale vleugellengte wordt gekruist met een fruitvlieg met een zwart lichaam en kleine vleugels. De genen voor lichaamskleur en vleugellengte liggen op hetzelfde, autosomale chromosoom. Alle F1-individuen hebben een grijs lichaam en normale vleugels. Deze F1-individuen paren onderling. Welke verschillende genotypen (geef ook de verhouding) kunnen er theoretisch voorkomen in de F2 als je alleen kijkt naar de eigenschappen lichaamskleur en vleugellengte.
- 14 In India komt de eigenschap "behaarde oren" voor. Genetisch onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat deze eigenschap wordt bepaald door een allel dat uitsluitend voorkomt in het Y-chromosoom. Hiermee hebben genetici tevens aangetoond dat Y-chromosomen niet helemaal genetisch "leeg" zijn.



De stamboom geeft een bepaalde familie weer. De mannen 6 en 19 hebben behaarde oren. Van de andere mannen is niet gegeven of ze wel of geen behaarde oren hebben. Er wordt vanuit gegaan dat er geen mutaties hebben plaatsgevonden.

In de twee onderstaande vragen worden over deze stamboom enkele uitspraken gedaan. Geef bij elke uitspraak aan of deze *zeker juist* of *zeker onjuist* is, of dat dat op grond van deze gegevens niet is te zeggen.

De vrouwen 12 en 18 hebben elk één allel voor behaarde oren in hun genotype.

- A zeker juist
 B zeker onjuist
 C niet te zeggen

- 15 Alle mannen uit deze stamboom hebben behaarde oren.

- A zeker juist
 B zeker onjuist
 C niet te zeggen

Kijk nu je antwoorden na met een antwoordblad!

15 Antwoorden oefeningen dihybride kruisingen

Antwoorden oefeningen deel 4 (dihybride kruisingen)

- 1 grote tanden = dominant = T;
kleine tanden = recessief = t
kleine kaken = dominant = K;
grote kaken = recessief = k

neger x Hottentot
TTkk ttKK
|
TtKk x neger
TTkk
|
kans op engstand = kans op T.K. = $1 \times 1/2 = 1/2$

- 2 P: vrouwtje eeF. x mannetje E.ff
F1: E.F. en E.ff en eeF. en eeff
Er ontstaat onder andere een eeff-type, dus vader en moeder moeten allebei een e- en een f-allel hebben. Dus moeder= eeFf en vader=Eeff.

- 3 P: AaBb x AaBb

kans(eerste kuiken AaBb) = $1/2 \times 1/2 = 1/4$
kans(tweede kuiken AaBb) = $1/2 \times 1/2 = 1/4$

kans(beide kuikens AaBb) = $1/4 \times 1/4 = 1/16$

- 4 Bruin = dominant = B; wit = recessief = b
Ruw = dominant = R; glad = recessief = r
P: bruin-ruw x wit-glad

B.R. x bbrr
↓
F1: bruin-ruw B.R.
wit-glad bbrr

Bruin-ruwe ouder moet genotype BbRr hebben, anders kan wit-gladde nakomeling niet ontstaan.

- 5 P: AaBb x aabb
F1: AaBb : Aabb : aaBb : aabb = 1 : 1 : 1 : 1
Dus : antwoord C is juist

- 6 R = gekleurd
r = wit
Q = blokkade, waardoor R toch een wit individu opleverd
q = geen blokkade

QQRR x qqrr
|
QqRr x QqRr
|
Kans op qqR. = kans op qq x kans op R. = $1/4 \times 3/4 = 3/16$

Antwoorden oefeningen deel 6 (dihybride kruisingen)

11 Let op: de genen voor lichaamskleur en vleugelbouw liggen op hetzelfde chromosoom!
Antwoord: $X^{gN}X^{gn}$, want anders kan geen zoon $X^{gn}Y$ worden geboren.

12 P: $X^{Ef}X^{eF} \times X^{eF}Y$ (moeder moet F in zich dragen, anders zou ze niet bestaan)
F1: $X^{Ef}X^{eF}$, $X^{eF}X^{eF}$, $X^{eF}Y$

13 Grijs = dominant = G;
zwart = recessief = g
Normale vleugels = dominant = N;
kleine vleugels = recessief = n
(dit moet want de F1 is 100% grijs met normale vleugels)

P: GGNN x ggnn
F1: GgNn x GgNn

Mogelijke gameten per individu: GN of gn, want de genen liggen op hetzelfde chromosoom (en er is geen sprake van crossing-over).

Dus mogelijke genotypen in de F2: GGNN : GgNn : ggnn in een verhouding van 1 : 2 : 1

14 B

15 A

16 Oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 8

Aandachtspunten voor deze oefening:

- Dit is een oefening waarbij je wordt beoordeeld volgens examennormen.
- Werk dus alleen en zonder overleg.
- In principe werk je zonder hulpmiddelen. Als het echt niet lukt, kun je je boek raadplegen.
- Let op het aantal punten dat je voor een vraag kunt verdienen:
 - o Bij open vragen verdien je voor ieder logische (en helder verwoorde!) redeneerstap of berekening een punt. **Dat betekent dat je bij open erfelijkheidvragen ALTIJD berekeningen moet opschrijven!**
 - o Voor een juist beantwoorde meerkeuzevraag verdien je altijd 2 punten. Hierbij hoef je geen berekening te geven.
- Let ook op de tijd: je moet dit soort vragen uiteindelijk vrij vlot kunnen maken.
- Beoordeel na afloop serieus.
- Gebruik daarbij het antwoordmodel alsof je een examiner bent.
- Doe met deze oefening je voordeel bij de voorbereiding voor het schoolexamen en het eindexamen!

Succes!

Kweekmethoden

- 2p 1 Een kweker heeft twee maisrassen R en S. De individuen van elk ras zijn voor alle bekende eigenschappen homozygoot. De kweker bestuift een plant van ras R met stuifmeel van een plant van ras S. Alle planten van deze F1-generatie leveren een grotere opbrengst dan elk van de ouders. Daarom wil de kweker zeer veel individuen met het genotype van deze F1 -planten hebben. Hij denkt aan vier kweekmethoden, die hieronder genoemd zijn:
- 1 bestuiving van individuen van ras R met stuifmeel van ras S,
 - 2 zelfbestuiving van de F1 -planten die hij al heeft,
 - 3 kruisbestuiving tussen de F1-planten die hij al heeft,
 - 4 ongeslachtelijke voortplanting van de F1-planten die hij al heeft.
- Welke van deze methoden levert of leveren uitsluitend planten met het gewenste genotype, aangenomen dat er geen mutaties optreden?
- A alleen methode 4
 - B alleen de methoden 1 en 4
 - C de methoden 1, 2 en 4
 - D de methoden 1, 3 en 4

Halfvol van de koe

Britse onderzoekers zijn erin geslaagd koeien met speciaal voer zo te 'programmeren' dat ze halfvolle melk produceren. Een dieet van volvette sojabonen en gedeeltelijk uitgeperst raapzaad of haver doet het gehalte onverzadigde vetzuren in de melk verminderen, melden onderzoekers van de Britse Landbouwonwikkelings- en adviesdienst. Volgens het vakblad Zuivelzicht (5/2) verwachten de onderzoekers dat de 'op maat gemaakte' melk al binnen twee jaar in de winkels verkrijgbaar is. Een ander nieuw zuivelproduct is melk waaraan Omega 3 is toegevoegd, een door plankton voortgebracht vetzuur dat hart- en vaatziekten zou doen verminderen. De Britse onderzoekers hebben aangetoond dat koeien die op een vismeeldieet leven, melk met Omega 3 erin produceren. (Bron: Trouw 12-2-1997)

- 2p 2 In bovenstaande bron staan twee manieren waarop de samenstelling van de melk van koeien is beïnvloed. Koeien die halfvolle melk produceren, doen dat op basis van
- A een aangepast milieu
 - B hun genotype
 - C hun genotype en een aangepast milieu
 - D een biotechnologisch aangepast genotype
- 2p 3 Heeft er een ingreep plaatsgevonden in het erfelijk materiaal van de koeien die melk produceren met Omega 3 erin? Motiveer je antwoord.

Transgene koeien

- 3p 4 Bij transgene dieren is een vreemd gen in het DNA gebracht. Er wordt een relatie gelegd tussen kloneren en het maken van transgene koeien.
Leg uit dat het belangrijk is dat transgene dieren gekloneerd kunnen worden.

De manipulatie van voortplantingsprocessen is al heel lang aan de gang. Het kloneren van embryo's is daarbij één van de technieken. Het embryo wordt hierbij gesplitst. Embryosplitsing levert maximaal vier tot vijf individuen op.

Het principe van de embryo-klonering is eenvoudig: een embryoklompje wordt uit elkaar gehaald in losse cellen. Uit deze losse embryonale cellen wordt met een holle naald de kern opgezogen en in onbevruichte eicellen geplaatst, waaruit de kern is verwijderd. Embryo's die gekloneerd zijn kunnen ook weer samengevoegd worden. Soms is het mogelijk om embryo's van verschillende soorten samen te voegen, bijvoorbeeld die van een schaap en een geit: zo krijgt men een dier met de 'fraaie' naam 'scheit' (of 'gaap').

- 1p 5 De embryonale kernen worden geplaatst in een eicel, waaruit de kern is verwijderd.
Wat is de naam van deze techniek?

- 1p 6 Waarom moet de kern verwijderd worden?

- 2p 7 Elke eicel waarin een embryonale kern is gebracht wordt in een draagmoeder gebracht.
Zijn de dieren die op deze manier ontstaan genetisch identiek?
A Ja, want de kernen van het embryo, die gebruikt zijn bevatten hetzelfde DNA.
B Nee, want er is gebruik gemaakt van verschillende eicellen en die zijn genetisch niet identiek.
C Nee, want de dieren ontstaan ieder in een andere draagmoeder, waardoor zij genetisch gaan verschillen.

- 2p 8 Stel dat men in een onbevruichte eicel van de mens een embryonale kern van een koe plaatst.
Wat zou er dan uit die eicel groeien? Verklaar je antwoord.

- 1p 9 Wat vindt jij van de techniek waarbij 'scheiden' of 'gapen' ontstaan? Geef in twee zinnen een gefundeerde mening.

Kweken van planten

- 2p 10 Een klassieke methode om bepaalde rassen te verkrijgen, is het toepassen van zelfbestuiving, zoals in het volgende voorbeeld wordt beschreven. Van een bepaalde plantensoort hebben de individuen, die homozygoot zijn voor de allelen rode of witte bloemen en de individuen, die heterozygoot zijn voor dat allelenpaar, roze bloemen. De bloemkleur wordt door twee allelen bepaald. Een kweker heeft alleen planten met roze bloemen. Deze planten (generatie 1) vermeerderd hij door zelfbestuiving; hierdoor ontstaat generatie 2. Van de daaropvolgende generatie (generatie 3) worden alle nakomelingen ook uitsluitend door zelfbestuiving verkregen. Alle planten leveren steeds evenveel nakomelingen.

Welke planten en in welke verhouding heeft deze kweker in generatie 3?

	<i>planten met rode bloemen</i>	<i>planten met roze bloemen</i>	<i>planten met witte bloemen</i>
A	0	1	0
B	1	2	1
C	1	0	1
D	3	2	3
E	5	6	5
F	9	3	4

Oogkleur en haarstructuur bij mensen

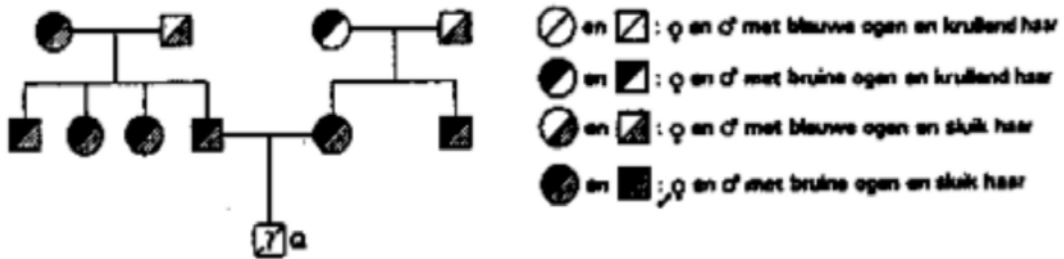
- 3p 11 Hoewel het een vereenvoudiging van de werkelijkheid is, kan gesteld worden dat bij de mens het allel voor bruine oogkleur dominant is over dat voor blauwe oogkleur en dat het allel voor sluike haar dominant is over

dat voor krullend haar.

De genen voor oogkleur en haarkleur liggen op verschillende chromosomen en niet op het X-chromosoom. In de stamboom zijn de fenotypen van een aantal personen weergegeven.

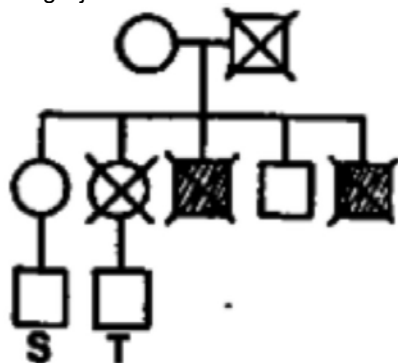
Leg uit of persoon Q blauwe ogen zou kunnen hebben.

En leg uit of persoon Q krullend haar zou kunnen hebben.



Kleurenblindheid en hemofilie bij mensen

- 2p 12 Onderstaande stamboom geeft enkele personen weer uit een familie waarin kleurenblindheid en hemofilie voorkomen. De allelen voor kleurenblindheid (kruis) en hemofilie (gearceerd) zijn X-chromosomaal. Wat kun je zeggen over de waarschijnlijkheid dat de kinderen S en T in de stamboom hemofilie zullen hebben? De kans op hemofilie is voor T
- A kleiner dan voor S
 - B groter dan voor S
 - C gelijk aan die voor S en groter dan nul
 - D gelijk aan die voor S en nul



Bloemkleur, bladlengte en bladvorm

- 3p 13 Men kruist een plant met paarse bloemen en lange, platte bladeren met een plant met witte bloemen en korte, ronde bladeren. Beide planten zijn voor alle eigenschappen homozygoot. De F1 heeft witte bloemen en lange, ronde bladeren. De F2 ontstaat door zelfbestuiving van de F1. Hoe groot is in de F2 de kans op een nakomeling met paarse bloemen en korte, platte bladeren?

EINDE

17 Antwoorden oefentoets erfelijkheid hoofdstuk 8

- 2p 1 Alle individuen in de F1 moeten heterozygoot zijn. Alleen methode 1 en 4 leveren weer alleen heterozygote individuen. Dus antwoord B.
- 2p 2 C
- Max 2p 3 Nee (deelscore 1p)
de koeien maken het vetzuur niet zelf (Omega 3 wordt gemaakt door algen en komen via het vismeel in de koeien terecht) (deelscore 1p)
- Max 3p 4 De techniek om transgene organismen te maken is zeer kostbaar en arbeidsintensief (deelscore 1p). Bij geslachtelijke voortplanting is het niet zeker dat het ingebrachte gen in de nakomelingen terecht komt (deelscore 1p).
Bij kloneren hebben de nakomelingen precies hetzelfde DNA (met het ingebrachte gen) als het dier dat gekloneerd wordt (deelscore 1p).
- 1p 5 Kerntransplantatie
- 1p 6 De kern moet verwijderd worden omdat alleen het DNA van de embryo-klompjes in de eicel aanwezig mag zijn.
- 2p 7 A
- Max 2p 8 Een koe (deelscore 1p),
want in de eicel zit nu het DNA van een koe (deelscore 1p).
- 1p 9 1 punt toekennen als de mening gefundeerd is.
- 2p 10 D
- Max 3p 11 Bruine ogen = dominant = B; blauwe ogen = recessief = b
Sluik haar = dominant = S; krullend haar = recessief = s
persoon 8 = BbS. (deelscore 1p)
persoon 9 = BbSs (deelscore 1p)
dus persoon 11 (= persoon Q) zou zowel blauwe ogen (bb) als krullend haar (ss) kunnen hebben (deelscore 1p)
- 2p 12 Kleurenziend = K; kleurenblind = k
Normaal = H; Hemofilie = h
Invullen levert op dat moeder 1 alleen genotype $X^{KH}X^{kh}$ kan hebben. Vader 2 heeft genotype $X^{KH}Y$
Moeder van S heeft dan genotype $X^{KH}X^{KH}$.
Moeder van T heeft genotype $X^{kh}X^{KH}$
De kans dat kind T kinderen zal krijgen met hemofilie is dus groter dan dat kind S dat zal krijgen. Dus het juiste antwoord is B.
- Max 3p 13 Wit = dominant = W; paars = recessief = w
Lang = dominant = L; kort = recessief = l
Rond = dominant = R; plat = recessief = r
(dit moet, want de F1 is 100% wit met lange, ronde bladeren)
P: wwLLrr x WWIIRR (deelscore 1p)
F1: WwLIRr x WwLIRr (deelscore 1p)
F2: kans(wwllrr) = 1/4 x 1/4 x 1/4 = 1/64 (deelscore 1p)

Maximaal te behalen punten: 26

Cijfer: ((aantal behaalde punten / 26) x 9) + 1