

# 1 Fenotype en genotype

- 1 Het genotype van een individu is de informatie voor de erfelijke eigenschappen van het individu.
- 2 Het gaat dan om het fenotype, want het gaat om waarneembare eigenschappen van dat individu.
- 3
  - a Mannen hebben 22 paar homologe chromosomen. Het 23e chromosomenpaar bestaat uit twee ongelijke geslachtschromosomen (een X-chromosoom en een Y-chromosoom).
  - b Vrouwen hebben 23 paar homologe chromosomen. Het 23e chromosomenpaar bestaat uit twee gelijke geslachtschromosomen (twee X-chromosomen)
- 4 Het gen dat dyslexie bepaalt, ligt op chromosoom 15. Het gen dat borstkanker veroorzaakt, ligt op chromosoom 13. Het gen dat albinisme veroorzaakt, ligt op chromosoom 11.

5

Erfelijke eigenschappen	Modificaties
behaarde geraniumbladeren	bladeren die naar het licht zijn gericht
blauwe ogen	een extreme make-over
een huid met weinig rimpels door een jeugdige leeftijd	een huid met weinig rimpels door botoxinjecties
rode bloemen	een litteken
	slap hangende geranium-bladeren

- 6 De verschillen tussen een werkbij en een koningin zijn modificaties. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in voeding (milieufactoren).
- 7 Korte ledematen die zijn veroorzaakt doordat de moeder tijdens de zwangerschap een slaapmiddel gebruikte, zijn aangeboren. Ze zijn ontstaan tijdens het gebruik van het slaapmiddel softenon gedurende de embryonale ontwikkeling. Het genotype van de baby lag al vast.

## Het syndroom van Klinefelter

- 8 Voorbeelden van goede antwoorden zijn:
  - langer dan gemiddeld;
  - lange armen en benen;
  - smalle schouders;
  - borstvorming;
  - kleine teelballen;
  - verminderde haargroei;
  - verminderde spiermassa.

- 9
  - a Non-disjunctie vindt plaats bij de vorming van zaadcellen tijdens meiose I.
  - b Non-disjunctie vindt plaats bij de vorming van eicellen tijdens meiose I en/of meiose II.
  - c Bij mitose ontstaan dan cellen met verschillende aantallen chromosomen.
- 10 Bij mannen met de mozaïekvariant zijn ook cellen met normale XY-chromosomen aanwezig.

# 2 Genenparen

11 a

Eigenschap	Homozygoot	Heterozygoot
Kuiltjes in de wangen	Sven, Eva en Hugo	Florence
Vorm van de pink	Sven, Eva en Hugo	Florence

**b** Het allel voor een gebogen pink is dominant, want bij Florence komt het allel voor een gebogen pink tot uiting in het fenotype terwijl zij het allel voor een gebogen pink en het allel voor een rechte pink heeft.

**c** Het allel voor kuiltjes in de wangen is dominant.

**d**

Naam	Kuiltjes in de wangen	Rechte pink
Sven	X	X
Eva		X
Florence	X	
Hugo	X	

**12 a** De vader van Eva is homozygoot. De eigenschap 'rechte pink' is recessief. Deze eigenschap kan in het fenotype alleen tot uiting komen als de persoon homozygoot is.

**b** Nee, de moeder van Eva kan homozygoot of heterozygoot zijn voor de vorm van de pink.

**c** In de afbeelding zie je de ouders van Eva. Het allel voor kuiltjes in de wangen is dominant. Beide ouders hebben geen kuiltjes in de wangen wanneer ze lachen, waardoor beide ouders geen allelen kunnen bezitten voor kuiltjes in de wangen. Alleen Eva heeft van elke ouder een allel voor geen kuiltjes in de wangen geërfd. Alle andere personen bezitten een of twee allelen voor kuiltjes in de wangen. Deze allelen kunnen ze niet van deze ouders hebben geërfd.

**13** Sven: QQ rr

Eva: qq rr

Florence: Qq Rr

Hugo: QQ RR

**14 a** Het genotype Bb heeft het fenotype voor een normale sinaasappel.

**b** Het genotype van een navelsinaasappel is bb.

**15 a** Birmees:  $C^b C^b$   
Tonkinees:  $C^b C^{ch}$   
Siamees:  $C^{ch} C^{ch}$

**b** Tonkinees:  $C^b C^{ch}$  (intermediair fenotype)

**c** Wanneer een Siamese kat opgroeit in een koude omgeving, zal de vacht soms iets koeler worden dan 33 °C waardoor het enzym tyrosinase weer actief wordt. Daardoor wordt het pigment eumelanine weer meer gevormd en wordt de vacht donkerder, waardoor de Siamese kat wordt aangezien voor een Tonkinese kat.

**16** De geslachtscellen van een fruitvlieg kunnen  $2^4$  ( $2 \times 2 \times 2 \times 2$ ) = 16 verschillende genotypen bevatten door recombinitie van allelen.

## Liever een slappeling

**17 a** Heterozygote rammen hebben middellange hoorns.

**b** Langgehoornde mannetjes krijgen meer nakomelingen dan mannetjes met gemiddelde hoornlengte of korte hoorns. Daardoor komen er steeds minder nakomelingen met *HoP*-allelen.

**18 a** Heterozygote schapen met middellange hoorns krijgen meer nakomelingen dan kortgehoornde schapen en leven langer dan langgehoornde schapen, waardoor ze uiteindelijk ook meer nakomelingen krijgen dan langgehoornde schapen.

**b** De rammen met korte hoorns besteden minder tijd en energie aan brongstgedrag, hebben mogelijk minder stress en hebben meer tijd om te rusten en te eten.

**c** Rammen met lange hoorns zijn sterker dan rammen met korte stompjes. Daardoor leveren ze ook een sterker nageslacht.

**d** De rammen zouden op den duur alleen nog maar lange hoorns hebben.

# 3 Monohybride kruisingen

- 19 a De erfelijke eigenschap witte bloemkleur is in de  $F_1$  niet verdwenen, maar komt in de  $F_2$  weer terug in de verhouding paars : wit = 3 : 1. (Wit is recessief ten opzichte van de paarse bloemkleur.)  
b Met factoren worden genen (allelen) bedoeld.

- 20 a Het genotype van de labradors in de  $F_1$  is Bb.  
b  $F_1$ : Bb  $\times$  Bb  
c Een teef ( $\varnothing$ ) kan in de  $F_1$  twee typen eicellen produceren: eicellen met allel B en eicellen met allel b.  
d Een reu ( $\sigma$ ) kan in de  $F_1$  twee typen zaadcellen produceren: zaadcellen met allel B en zaadcellen met allel b.

- 21 a De kans dat een puppy in de  $F_2$  genotype BB heeft, is  $\frac{1}{4}$  of 25%.  
b Het fenotype van deze puppy is zwartharig.  
c De kans dat een puppy in de  $F_2$  genotype bb heeft, is  $\frac{1}{4}$  of 25%. Het fenotype van deze puppy is bruinharig.  
d De kans dat een puppy in de  $F_2$  genotype Bb heeft, is  $\frac{1}{2}$  of 50%. Het fenotype van deze puppy is zwartharig.  
e De kans dat een puppy in de  $F_2$  zwartharig is, is  $\frac{3}{4}$  of 75%. De kans dat een puppy in de  $F_2$  bruinharig is, is  $\frac{1}{4}$  of 25%.

- 22 a P  
genotypen HH  $\times$  hh  
geslachtscellen H h  
 $F_1$   
genotypen Hh  $\times$  Hh  
geslachtscellen H of h H of h  
 $F_2$

$\varnothing$	$\sigma$	H	h
H		HH	Hh
h		Hh	hh

- b Alle nakomelingen in de  $F_1$  hebben een zwarte vacht.  
c De nakomelingen in de  $F_2$  hebben een zwarte of een witte vacht.
- 23 a De kans dat een nakomeling in de  $F_1$  homozygoot is voor de haarkleur, is 0%.  
b De kans dat een nakomeling in de  $F_2$  homozygoot is voor de haarkleur is  $\frac{1}{2}$  of 50%.  
c De kans dat de eerste nakomeling in de  $F_2$  zwartharig is, is  $\frac{3}{4}$  of 75%.  
d De kans is even groot voor de tweede nakomeling.
- 24 a Van de veertig nakomelingen in de  $F_2$  zullen naar verwachting dertig dieren zwartharig zijn en tien dieren witharig.  
b In de  $F_2$  is de verhouding van genotypen: HH : Hh : hh = 1 : 2 : 1.  
c In de  $F_2$  is de verhouding van fenotypen: zwartharig : witharig = 3 : 1.

- 25 a De genotypen van de ouders zijn bb en Bb.  
b De eicellen van de vrouw bevatten allel b. De zaadcellen van de man bevatten allel B of allel b.  
c P  
genotypen bb  $\times$  Bb  
geslachtscellen b B of b  
 $F_1$

$\varnothing$	$\varnothing$	b
B		Bb
b		bb

- d De kans dat het eerste kind van deze ouders behoort tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt, is  $\frac{1}{2}$  of 50%. De kans dat het eerste kind niet behoort tot deze groep, is ook  $\frac{1}{2}$  of 50%.
- 26 a Naar verwachting zullen ongeveer 48 kinderen wel en ongeveer 48 kinderen niet behoren tot de groep die vaker dan gemiddeld gelukkig is.  
b In de nakomelingschap is de verhouding wel behorend tot de groep die vaker dan gemiddeld gelukkig is : niet behorend tot deze groep = 1 : 1.

- 27 a P  
genotypen  $A^r A^w$   $\times$   $A^r A^w$   
geslachtscellen  $A^r$  of  $A^w$   
 $F_1$

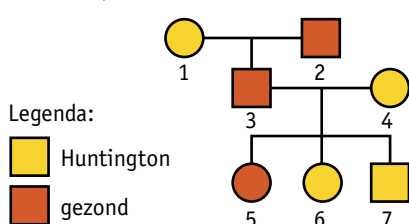
	$A^r$	$A^w$
$A^r$	$A^r A^r$	$A^r A^w$
$A^w$	$A^r A^w$	$A^w A^w$

- b Naar verwachting hebben ongeveer 28 planten paarse knolletjes, ongeveer 14 planten hebben rode knolletjes en ongeveer 14 planten hebben witte knolletjes.  
c In de nakomelingschap is de verhouding rode knolletjes : paarse knolletjes : witte knolletjes = 1 : 2 : 1.
- 28  $\frac{4}{36}$  of  $\frac{1}{9}$
- 29 a De genotypen van de ouderplanten zijn Gg en gg.  
b Uit deze gegevens kun je niet afleiden welk allel dominant is.
- 30 a De genotypen van de ouderplanten zijn Aa en Aa.  
b Het allel voor een rode bloemkleur is dominant.  
c Ja. Bij erwtenplanten kunnen twee roodbloemige ouderplanten witbloemige nakomelingen krijgen. Dit kan alleen als beide ouderplanten heterozygoot zijn (Aa). De witbloemige nakomeling is dan homozygoot recessief voor de bloemkleur (aa).  
d Nee. Bij erwtenplanten kunnen uit twee witbloemige ouderplanten geen roodbloemige nakomelingen worden verkregen. De witbloemige ouderplanten zijn beide homozygoot recessief (aa).

- 31** Nee. Uit deze gegevens kan niet betrouwbaar worden afgeleid wat het genotype van de ouders is. Het aantal nakomelingen is te klein.
- 32** Bij recessief overervende ziekten wordt een testkruising ingezet.
- 33** De fokker kruist de zwarte hond (BB of Bb) met een bruine hond (bb). Dus P: B? × bb.  
Indien het dier homozygoot is (BB), zijn alle nakomelingen van de F<sub>1</sub> zwart (Bb).  
Indien het dier heterozygoot is (Bb), is een deel van de nakomelingen in de F<sub>1</sub> zwart (Bb) en het andere deel van de dieren bruin (bb).
- 34** **a** Met een foutpercentage van 12,5%.  
**b** In het geval dat bij die ene nakomeling het recessieve allel tot uiting komt in het fenotype. In dit geval kun je met zekerheid zeggen dat de ouder heterozygoot is voor dit allelenpaar.  
**c** Foutpercentage testkruising is  $0,5^n \times 100\%$ , waarbij  $n$  het aantal nakomelingen is. Het foutpercentage bij tien nakomelingen is dan:  $0,5^{10} \times 100\% = 0,1\%$ .
- 35** **a** Ouders 4 en 5 met gelijk fenotype (gezond) krijgen een kind met fenotype CF (taaislijmziekte). Dit is alleen mogelijk als beide ouders (4 en 5) heterozygoot zijn (Aa) en deze nakomeling (6) homozygoot recessief (aa) is.  
**b** Persoon 1 en 6 zijn homozygoot recessief.  
**c** Het genotype van persoon 3 is Aa.  
**d** Van persoon 2 en 7 kun je niet met zekerheid het genotype vaststellen. Het genotype kan AA of Aa zijn.
- 36** Eigen antwoorden.  
Voorbeelden van goede argumenten:  
– Argument voor: de kwaliteit van leven is beperkt, doordat patiënten vaak infecties hebben en naar het ziekenhuis moeten.  
– Argument tegen: je loopt het gevaar dat er alleen nog maar ‘perfecte’ kinderen worden geboren.
- 38** **a** Die kans is  $\frac{1}{2}$  of 50%.  
**b** Persoon II-1, II-3 en III-3 zullen in de toekomst de symptomen van de ziekte kunnen krijgen.
- 39** Uit het antwoord moet blijken dat:  
– er tot voor kort geen geboorteplanning kon zijn, omdat patiënten in de vruchtbare leeftijd gezond zijn en (gemiddeld) evenveel kinderen krijgen als andere mensen;  
– mensen met het afwijkende huntingtine-allel die dat weten door DNA-onderzoek, kunnen besluiten om geen kinderen te krijgen/mensen met de ziekte in de familie kunnen (op basis van een erfelijkheidsonderzoek) besluiten om geboortebeperving toe te passen.

## Ziekte van Huntington

- 37** Persoon 1: Hh  
Persoon 2: hh  
Persoon 3: hh  
Persoon 4: Hh  
Persoon 5: hh  
Persoon 6: Hh  
Persoon 7: Hh



# 4 Geslachtschromosomen

- 40** Zowel in lichaamscellen als in geslachtscellen komen geslachtschromosomen voor.
- 41** Bij een man zijn in delende lichaamscellen een X-chromosoom en een Y-chromosoom te zien, bij een vrouw twee X-chromosomen.
- 42** Het X-chromosoom van een jongen is afkomstig van zijn moeder.
- 43** Het karyogram in een formule van een mannetjeskonijn is [44, XY] en van een vrouwtjeskonijn [44, XX].
- 44** a De kern van een pootcel van een koningin bevat 32 chromosomen. De kern van een pootcel van een dar bevat 16 chromosomen.  
b De kern van een eikel van een koningin bevat 16 chromosomen. De kern van een zaadcel van een dar bevat ook 16 chromosomen.
- 45** a Cel 1, 2, 4, 5, 7 en 8 zijn geslachtscellen.  
b Cel 3, 6, 9, 10 en 11 bevatten elk een paar geslachtschromosomen.  
c De kinderen R en S vormen een eeneiige tweeling.  
d Uit de gegevens is niet met zekerheid het geslacht van kind P vast te stellen. Het geslacht van kind S is wel vast te stellen (een jongen).  
e Cel 7: Y  
Cel 8: X  
Cel 9: XY  
Cel 10: XY  
Cel 11: XY
- 46** a In de  $F_1$  komen de volgende fenotypen voor en in de volgende verhouding: rodogige vrouwtjes : rodogige mannetjes = 1 : 1.  
b In de  $F_2$  komen de volgende fenotypen voor en in de volgende verhouding: rodogige vrouwtjes : rodogige mannetjes : witogige mannetjes = 2 : 1 : 1.  
c In de  $F_1$  is er geen verschil in oogkleur tussen de mannetjes en de vrouwtjes. In de  $F_2$  komen beide oogkleuren bij mannetjes voor en rode oogkleur bij vrouwtjes.

- 47** a De genotypen van de ouders bij deze reciproque kruising zijn  $X^aX^a$  en  $X^AY$ .

<b>b</b> P	$X^aX^a$	×	$X^AY$
geslachtscellen	$X^a$		$X^A$ of Y
$F_1$	$X^AX^a$	of	$X^aY$
	$X^AX^a$	×	$X^a$
geslachtscellen	$X^A$ of $X^a$		$X^a$ of Y
$F_2$			

♀	♂	$X^A$	$X^a$
$X^a$		$X^AX^a$	$X^aX^a$
Y		$X^AY$	$X^aY$

- c In de  $F_1$  komen de volgende fenotypen voor en in de volgende verhouding: rodogige vrouwtjes : witogige mannetjes = 1 : 1.  
d In de  $F_2$  komen de volgende fenotypen voor en in de volgende verhouding: rodogige vrouwtjes : rodogige mannetjes : witogige vrouwtjes : witogige mannetjes = 1 : 1 : 1 : 1.  
e In de  $F_1$  is er verschil in oogkleur tussen de mannetjes (witte ogen) en de vrouwtjes (rode ogen). In de  $F_2$  komen beide oogkleuren bij zowel mannetjes als bij vrouwtjes voor.

- 48** a P  $X^KX^k$  ×  $X^KY$   
geslachtscellen  $X^K$  of  $X^k$   $X^K$  of Y  
 $F_1$

♀	♂	$X^K$	$X^k$
$X^K$		$X^KX^K$	$X^KX^k$
Y		$X^KY$	$X^kY$

- b Bij een meisje is de kans op kleurenblindheid 0%.  
c Bij een jongen is de kans op kleurenblindheid  $\frac{1}{2}$  of 50%.

- 49** a Je kunt niet met zekerheid zeggen dat persoon 3 en 4 kleurenblind zijn.  
b Je kunt niet met zekerheid zeggen dat persoon 5 kleurenblind is, maar wel met zekerheid dat persoon 6 kleurenblind is.
- 50** De kans op kleurenblindheid is groter als het kind een jongetje is. De moeder van het kind is draagster, doordat ze het X-chromosoom van de kleurenblinde grootvader heeft overgeërfd. Een meisje erft altijd het X-chromosoom van haar kleurenziende vader over (0% kans op kleurenblindheid). Een jongetje erft het Y-chromosoom van zijn vader en een van de X-chromosomen van zijn moeder over (50% kans op kleurenblindheid).

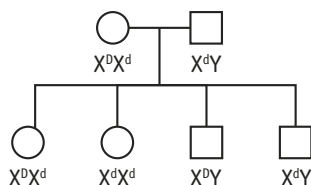
- 51 – Uitspraak leerling 1: Als zowel moeder (2) als de beide partners (1 en 3) heterozygoot zijn voor de aandoening, is het mogelijk dat ze kinderen krijgen die homozygoot recessief zijn voor de aandoening.  
Deze uitspraak is waarschijnlijk onjuist, omdat gegeven is dat het om een zeer zeldzame aandoening gaat. De kans dat de moeder en haar beide partners (1 en 3) alle drie heterozygoot zijn voor de zeldzame aandoening is uitermate klein.
- Uitspraak leerling 2: Het X-chromosoom van elke zoon is afkomstig van de moeder. Als de moeder heterozygoot is voor de aandoening, kan elke zoon de aandoening hebben.  
Deze uitspraak is waarschijnlijk juist.
- Uitspraak leerling 3: Het Y-chromosoom van elke zoon is afkomstig van zijn vader. Beide partners van de moeder zouden de aandoening ook moeten hebben; dit is niet zo.  
Deze uitspraak is zeker onjuist.

## Eén X is genoeg

- 52 Het gen voor de vachtkleur ligt in het X-chromosoom. Een kater heeft slechts één X-chromosoom en daardoor ook maar één kleur.
- 53 Bij poes 2. De oranje kater heeft als genotype  $X^D Y$ . Een homozygoot zwarte poes heeft als genotype  $X^d X^d$ . De vrouwelijke nakomelingen hebben als genotype  $X^D X^d$ . Als het  $X^D$ -chromosoom is ingeschakeld, ontstaat er een oranje kleur.  
De poes waarbij het  $X^D$ -chromosoom het vroegst is uitgeschakeld, moet dus zo min mogelijk oranje hebben. Dit is het geval als zij helemaal zwart is.

54

zwarte kater schildpadpoes (oranjezwart)	$X^d$	Y
$X^D$	$X^D X^d$ (schildpadpoes)	$X^D Y$ (oranje kater)
$X^d$	$X^d X^d$ (zwarte poes)	$X^d Y$ (zwarte kater)



# 5 Dihybride kruisingen

55 a

Genotype	Fenotype	Kans dat een kalf in de F <sub>2</sub> dit genotype heeft
AABB	zwart effen	1/16
AABb	zwart effen	2/16
AAbb	zwartgevekt	1/16
AaBB	zwart effen	2/16
AaBb	zwart effen	4/16
Aabb	zwartgevekt	2/16
aaBB	rood effen	1/16
aaBb	rood effen	2/16
aabb	roodgevekt	1/16

- b In de F<sub>2</sub> zijn er vier verschillende fenotypen.  
 c De kans dat een kalf in de F<sub>2</sub> zwart effen is, is 9/16.  
 d De kans dat een kalf in de F<sub>2</sub> roodgevekt is, is 1/16.  
 e De verhouding van fenotypen in de F<sub>2</sub> is: 9 : 3 : 3 : 1.

56 a P Aabb × AaBb  
 geslachtscellen Ab of ab AB, Ab, aB, ab  
 F<sub>1</sub>

	AB	Ab	aB	ab
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

De verhouding tussen de genotypen AABb, AAbb, AaBb, Aabb, aaBb en aabb is 1 : 1 : 2 : 2 : 1 : 1.

De verhouding tussen de fenotypen zwart behaard : wit behaard : zwart skinny : wit skinny is 3 : 1 : 3 : 1.

- b Naar verwachting zullen ongeveer twaalf jongen het fenotype vertonen waarin beide dominante allelen tot uiting komen. Van de acht mogelijke genotypen hebben er drie beide dominante allelen:  $3/8 \times 32 = 12$ .  
 c Naar verwachting zullen ongeveer vier jongen het fenotype vertonen waarin beide recessieve allelen tot uiting komen. Van de acht mogelijke genotypen heeft er één beide recessieve allelen:  $1/8 \times 32 = 4$ .

- 57 a Het allel voor beverde poten is dominant.  
 b De kleur van de veren erft onvolledig dominant over. In de F<sub>1</sub> komt zowel de witte kleur als de zwarte kleur (zwarte spikkels) tot uiting.

c P A<sup>z</sup>A<sup>w</sup>Bb × A<sup>w</sup>A<sup>w</sup>Bb  
 geslachtscellen A<sup>z</sup>B of A<sup>w</sup>b A<sup>w</sup>B of A<sup>w</sup>b  
 F<sub>1</sub>

	A <sup>w</sup> B	A <sup>w</sup> b
A <sup>z</sup> B	A <sup>z</sup> A <sup>w</sup> BB	A <sup>z</sup> A <sup>w</sup> Bb
A <sup>z</sup> b	A <sup>z</sup> A <sup>w</sup> Bb	A <sup>z</sup> A <sup>w</sup> bb

- d In de F<sub>1</sub> kun je de volgende fenotypen verwachten en in de volgende verhouding: fijn gespikkeld met beverde poten : fijn gespikkeld met onbeverde poten = 3 : 1.

58 a P: aabb × AaBb

Haarkleur aa × Aa. De kans op Aa is 1/2.

Haarvorm bb × Bb. De kans op Bb is 1/2.

De kans dat het kind hetzelfde genotype heeft als de vader is  $1/2 \times 1/2 = 1/4$  of 25%.

- b Bij een eeneiige tweeling is de kans dat beide kinderen dezelfde haarkleur en haarvorm hebben als de vader 1/4 of 25%.

- c Bij een twee-eiige tweeling is de kans dat beide kinderen dezelfde haarkleur en haarvorm hebben als de vader  $1/4 \times 1/4 = 1/16$  of 6,25%.

- 59 De verhouding geel : groen is 179 : 64. De verhouding is ongeveer 3 : 1. Dit betekent dat de ouderplant heterozygoot is voor de kleur en dat geel dominant is.  
 De verhouding ronde zaden : hoekige zaden is 182 : 61. De verhouding is ongeveer 3 : 1. Dit betekent dat de ouderplant heterozygoot is voor de zaadvorm en dat rond dominant is.  
 De ouderplant heeft zich ontwikkeld uit een geel, rond zaad.

- 60 a Een leeuwenbekje met rode bloemen en een leeuwenbekje met witte bloemen zijn homozygoot voor de bloemkleur. Een leeuwenbekje met roze bloemen is heterozygoot voor de bloemkleur.

- b De genotypen van de ouderplanten zijn A<sup>r</sup>A<sup>w</sup>Bb en A<sup>r</sup>A<sup>w</sup>bb.

- c De fenotypen van de ouderplanten zijn onregelmatige roze bloemen en regelmatige roze bloemen.

61 a Mopsy: X<sup>D</sup>X<sup>D</sup>ss

Ploeske: X<sup>d</sup>X<sup>d</sup>Ss (Bij de testkruising had ze nakomelingen met zowel vlekken als geen vlekken.)

Tommie: X<sup>D</sup>Yss

Todd: X<sup>d</sup>YSS (Bij de testkruising had hij nakomelingen met alleen vlekken.)

Vlekkie: X<sup>D</sup>YSs (Bij de testkruising had hij nakomelingen met zowel vlekken als geen vlekken.)

Japie: X<sup>d</sup>YSs (Bij de testkruising had hij nakomelingen met zowel vlekken als geen vlekken.)

- b Paring van poes Mopsy met kater Todd geeft een nest met de meeste lapjespoezen.

c

	X <sup>d</sup> S	YS
X <sup>D</sup> S	X <sup>D</sup> X <sup>d</sup> Ss	X <sup>D</sup> YSs

Alle vrouwtjes (100%) zijn lapjespoezen.

## Eén X-chromosoom ingepakt!

- 62 a** Het verkeerde gen is bij jongetjes voor de geboorte dodelijk. (In de context staat dat mannen maar één X-chromosoom hebben. Als die een verkeerd gen krijgen, sterven ze voor de geboorte.)
- b** Door het X-chromosoom met de dominante stoornis uit te schakelen en het inactieve X-chromosoom met het gezonde allel weer actief te maken.
- 63** Een jongen met dit syndroom heeft een extra X-chromosoom en kan daardoor overleven.
- 64** Het gen dat de Amerikaanse onderzoekers hebben ingebouwd, codeert voor een molecuul waardoor chromosoom 21 wordt afgedekt met eiwitten. Dit lijkt sterk op het Xist-proces.
- 65** Mogelijke antwoorden zijn:
- Ja, want daardoor hebben ouders een keus om bewust voor een gezond kind te kiezen, waardoor zij minder tijd kwijt zijn aan (zeer intensieve) zorg.
  - Nee, want mensen met het syndroom van Down kunnen heel gelukkige mensen zijn.



# 6 Speciale manieren van overerven

- 66 a Het genotype van de vrouw is  $I^A I^B$ , dat van de man  $i i$ .  
 b Het kind kan de genotypen  $I^A i$  en  $I^B i$  hebben.  
 c De kans dat het kind dezelfde bloedgroep heeft als de vader is 0%.  
 d De kans dat het kind dezelfde bloedgroep heeft als de moeder is 0%.

- 67 Nee. De allelen A en B erven codominant over en komen beide volledig tot uiting in het fenotype. Een intermediair fenotype is een mengvorm van twee allelen die beide onvolledig dominant zijn ten opzichte van elkaar en beide enigszins tot uiting komen in het fenotype.

- 68 a De genotypen van de ouders zijn  $I^A i$  en  $I^B i$ .  
 b Het is mogelijk dat het derde kind bloedgroep o (ii) heeft. (De kans hierop is 25%.)

- 69 a genotype:  $Aa$   $\times$   $Aa$   
 geslachtscellen: A of a A of a

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

De kans op een kind zonder achondroplasie (aa) is dus  $\frac{1}{4}$  of 25%.

- b AA is letaal en leidt tot een miskraam. Daardoor heeft twee op de drie kinderen de aandoening (Aa), dus 67%.  
 c De kans op een miskraam is 25%.  
 d Mensen met de aandoening achondroplasie hebben vaker een relatie met iemand die dezelfde aandoening heeft.
- 70 a Het genotype van het vrouwtje in de P-generatie is  $\frac{GN}{GN}$ .  
 b Het genotype van het mannetje in de P-generatie is  $\frac{gn}{gn}$ .  
 c Het genotype van het vrouwtje in de  $F_1$ -generatie is  $\frac{GN}{gn}$ .
- 71 a Bij vrouwtjes in de  $F_1$  komen de allelen G en N steeds samen in dezelfde eicel voor, evenals de allelen g en n.  
 b Het mannetje in de  $F_1$  maakt zaadcellen met het genotype gn.  
 c In de  $F_2$  komen de volgende genotypen voor:

$\sigma^8$	$\varnothing$	GN	gn
	gn		

$\frac{GN}{gn}$  en  $\frac{gn}{gn}$

- d In de  $F_2$  komen de volgende fenotypen voor en in de volgende verhouding: grijze vliegen met normale vleugels : zwarte vliegen met vleugelstompjes = 1 : 1.

- 72 Moeder, zus, oma van moeders kant en neefje (zoon van een zus van de moeder), want mtDNA wordt doorgegeven via de vrouwelijke lijn.
- 73 Zoon Q: de kans is 32%. Dochter R: de kans is 10%. Bij beiden is de kans op het gen voor de ziekte van Leber (via mitochondriën in de eicel) 100%. Vermenigvuldigd met de kans op de ziekte is dat: 32% (Q) of 10% (R).
- 74 a Hypothese 1: aangenomen. De lichaamsgeur van mannen is aantrekkelijker wanneer zijn MHC-genen meer verschillen van de eigen MHC-genen.  
 Hypothese 2: aangenomen. De geur van mannen waarvan de MHC-genen meer verschillen, doet meer denken aan de geur van de eigen partner dan aan de geur van mannen waarvan de MHC-genen weinig verschillen van de eigen genen.  
 b De conclusie die hypothese 2 bevestigt, is een aanwijzing dat de partners van de vrouwen daadwerkelijk meer dan gemiddeld andere MHC-genen hebben dan zij zelf bezitten.  
 c Door deze voorkeur zullen nakomelingen ontstaan met meer genetische variatie op de MHC-regio. Meer genetische variatie leidt tot een grotere overlevingskans.

# 7 Opvoeding of aanleg

- 75** Alle cellen van een Siamese tweeling hebben hetzelfde genotype, doordat ze uit dezelfde bevruchte eicel zijn ontstaan.
- 76** **a** Dit is een aanwijzing dat de verschillen grotendeels door het genotype worden bepaald. Als ze in hetzelfde gezin opgroeien, zijn de milieufactoren namelijk grotendeels gelijk.  
**b** Zo wordt de invloed van milieufactoren op het fenotype onderzocht.  
**c** Eeneiige tweelingen. Zij hebben hetzelfde genotype (aanleg).
- 77** **a** Albert heeft via zijn omgeving (nurture) geleerd om te huilen bij het zien van de rat.  
**b** Het aantal proefpersonen is te klein (slechts één).  
**c** Eigen antwoord.  
 Voorbeelden van goede antwoorden:  
 – Ja, want het levert een belangrijke bijdrage aan de wetenschap. Daardoor komen we meer te weten over gedrag.  
 – Nee, want experimenten doen op kleine kinderen kan schadelijk zijn.
- 78** **a** Door expressie van één IGF2-allel wordt de groei van de foetus bevorderd.  
**b** In een tijd van normaal voedselaanbod hebben zij nog steeds twee actieve IGF2-genen die hierdoor meer IGF2-hormonen maken. Daardoor groeien deze kinderen ook harder en hebben ze meer kans op overgewicht.  
**c** Door inactivatie van het IGF2-allel van de moeder onttrekt de foetus niet te veel voeding aan de moeder. De baby is daardoor ook niet te groot bij de bevalling.  
**d** Twee actieve IGF2-genen leiden tot de productie van meer IGF2-hormoon, waardoor de groei van de foetus wordt bevorderd en dit het voedseltekort compenseert.
- 79** **a** Alcohol drinken remt de genexpressie van het agouti-gen bij de nakomelingen. Dat is in beide proefgroepen aangetoond. In beide groepen zijn minder gele nakomelingen en meer bruine nakomelingen.  
**b** Alleen bij het verschil tussen de controlegroep en proefgroep 2 is er sprake van erfelijke veranderingen in de genexpressie. De muizen van proefgroep 2 drinken alleen alcohol voor de bevruchting en dan ligt het genotype van de nakomelingen nog niet vast. De muizen van proefgroep 1 drinken alcohol tijdens de zwangerschap. Het genotype van de nakomelingen ligt dan al vast.

- c** Het advies aan ouders die van plan zijn kinderen te krijgen om enige tijd voordat zij kinderen willen krijgen te stoppen met alcohol drinken (of misschien weinig alcohol te drinken). Uit dit onderzoek blijkt dat de genexpressie wordt beïnvloed door alcohol bij muizen die alcohol drinken voor de bevruchting. Bij mensen zou alcohol drinken voor de bevruchting mogelijk ook epigenetische effecten kunnen hebben die schadelijk zijn voor de gezondheid van kinderen.

## Marihuana maakt niet dom

- 80** **a** Roken is slecht voor de longen.  
**b** Dit onderzoek is uitgevoerd met eeneiige tweelingen. Doordat zowel het genotype als de omgeving waarin ze opgroeiden, gelijk waren, konden de onderzoekers het effect van alleen marihuana op het IQ goed onderzoeken.  
**c** Een mogelijke verklaring is dat iets in hun omgeving, zoals school, vrienden of thuissituatie, hiervoor verantwoordelijk is.  
**d** Mogelijke antwoorden zijn:  
 – Mensen vullen het misschien niet eerlijk in.  
 – Het is moeilijk te bepalen hoeveel marihuana er precies is gerookt.  
 – De vragenlijst is misschien niet compleet.

# Examentrainer

## TESTEN OP SIKKELCELZIEKTE

1p 1 Uit het antwoord moet blijken dat er in de stamboom dochters zijn met sikkelcelziekte terwijl de vader/ terwijl het ouderpaar de ziekte niet heeft (of een concreet voorbeeld van een dergelijke situatie: bij dochters II-5, II-7 of IV-5).

2p 2 D

## ONDERDOMPELGEN MAAKT RIJSTRASSEN 'WATERPROOF'

3p 3 Voorbeeld van een juist antwoord:  
Sub1A-rijstplanten kruisen met de commerciële soort die je wilt veredelen. De nakomelingen kruisen en dan steeds de beste planten selecteren om verder te kruisen; dit herhaal je tot je een homozygote plant hebt die tegen overstromingen kan en ook een goede opbrengst geeft.

- (laag productieve) rijstplanten met het onderdompelgen/ met het gen Sub1A kruisen met het commerciële/hoog productieve ras (1 punt);
- (de nakomelingen verder kruisen en) uit de nakomelingen de rijstplanten met de beste combinatie van eigenschappen selecteren (1 punt);
- tot er een voor de gewenste eigenschappen homozygote rijstvariant wordt verkregen (1 punt).

1p 4 In de  $F_2$ -generatie komen (de genen voor) gewenste en ongewenste eigenschappen in nieuwe combinaties voor (waardoor het resultaat gemiddeld slechter kan zijn dan dat van de  $F_1$ -hybriden). Opmerking: als in een kruisings-schema wordt aangegeven dat slechts een deel van de  $F_2$  weer dezelfde gunstige combinatie van allelen heeft als de  $F_1$ , wordt hiervoor 1 punt gegeven.

## HLA-MATCH

2p 5 B

2p 6 D

## KLEURENBLINDHEID BIJ MEISJES

2p 7 E

# Ontdekken

## Een gouden missie

Over de beoordeling van je uitwerkingen krijg je informatie van je docent.

# Practica

## practicumopdracht 1

### Digitale kruisingen met bananenvliegen

#### *Conclusie*

- 1 Ter beoordeling aan je docent.
- 2 Beide zijn homozygoot. Het kenmerk rechte vleugels is dominant over het kenmerk gekruld (curly).
- 3 Alle bananenvliegen zijn heterozygoot.
- 4 Door het kruisen van heterozygote bananenvliegen is het recessieve fenotype gekruld (curly) bij ongeveer 25% zichtbaar.

#### *Discussie*

- 5 Hoe meer nakomelingen, hoe betrouwbaarder de uitslag/ hoe kleiner de invloed van het toeval.
- 6 Nee, zo'n uitkomst kan het gevolg zijn van een toevallige, kleine afwijking.

# Samenhang

## Hoogtebestendige Tibetanen

1

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	laaglanden
Populatie	Denisovanen, Han-Chinezen, moderne mens, Tibetanen
Organisme	bergbeklimmers
Orgaan	bloedvaten, hart
Cel	rode bloedcel
Molecuul	DNA, hemoglobine, zuurstof

- 2 In het hart zitten bloedvaten (kransslagaders) die het hart van onder andere zuurstof en glucose voorzien. Een verstopping van deze vaten kan leiden tot het afsterven van hartcellen (hartinfarct).
- 3 a Doordat Tibetanen met het EPAS1-allel betere overlevingskansen hadden op een grotere hoogte, konden zij zich sneller voortplanten dan Tibetanen zonder het allel. Han-Chinezen leven op minder grote hoogte, waardoor het allel bij hen minder nut heeft. Doordat ze in lager gelegen gebieden leefden, kwamen ze meer in contact met grote groepen moderne mensen, waardoor het speciale allel door de jaren heen uitdunde.
- b De kans is:  $0,87 \times 0,87 = 76\%$ .
- c Deze kans is  $0,91 \times 0,91 = 83\%$ .
- d Deze kans is 25%.
- 4 a De moderne mens was sneller aangepast aan de nieuwe omgeving, doordat zij geslachtsgemeenschap hadden met de lokale mensen die al aangepast waren met het unieke allel van het EPAS1-gen.
- b Een bastaard is een kind uit ouders van ongelijk ras. Onze genen zijn afkomstig van verschillende mensachtigen.
- 5 Mensen met dit allel hebben weinig zuurstof nodig en kunnen veel zuurstof binden. Dit zorgt ervoor dat ze door verbranding meer energie krijgen, waardoor de atletische prestatie verhoogt. Atleten met dit allel presteren beter dan atleten zonder dit allel.