




Kansrekenen en erfelijkheidsleer

Wat is de kans dat je kinderen bruin haar hebben?
Wat is de kans dat een kalf vlekken heeft?

Symbolen in de cursus

	Biologie		Geschiedenis
	Wiskunde		

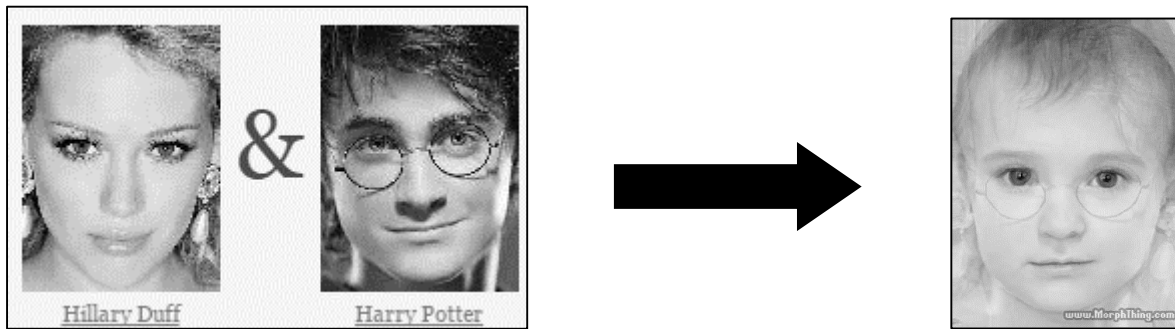
Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Gregor Mendel.....	4
Hoofdstuk 2: Monohybride Kruisingen	5
Hoofdstuk 3: Erfelijkheid en DNA	12
Hoofdstuk 4: Monohybride kruising met intermediaire overerving	15
Hoofdstuk 5: Oefeningen monohybride kruisingen	17
Hoofdstuk 6: Dihybride kruisingen	22
Hoofdstuk 7: Onderzoek in de klas.....	39
Hoofdstuk 8: Begrippenlijst	45
Hoofdstuk 9: Bronvermelding	48

Inleiding

Stel je voor dat Daniel Radcliffe (Harry Potter) een kind zou krijgen met Hillary Duff. Hoe zou dat kind er dan uitzien?

Volgens de website <http://www.morphthing.com/> zou hun kind er zo uitzien. Merk wel op dat deze website niet wetenschappelijk gegrond is.



Misschien heb je je al eens afgevraagd hoe je eigen kinderen er later uit zullen zien.

a) Bepaal zelf hoe je kinderen eruit zouden kunnen zien. Doe dit vijf keer, telkens met een andere partners naar keuze (beroemde personen, klasgenoot...). Neem een close-up van jullie gezichten. Surf naar <http://www.morphthing.com/morph> en upload daar jullie foto's. Maak ze klaar om samen te voegen en bekijk hoe jullie kind er zou uitzien.

Jammer genoeg is deze leuke tool niet wetenschappelijk correct. In deze bundel ontdekken we welke wetenschap er schuilgaat achter overerving.



Hoofdstuk 1: Gregor Mendel

Vaak lijken kinderen op hun vader of moeder. Ze hebben bijvoorbeeld de ogen van hun vader en de typische neus van hun moeder. Dit zijn voorbeelden van **erfelijke kenmerken**.

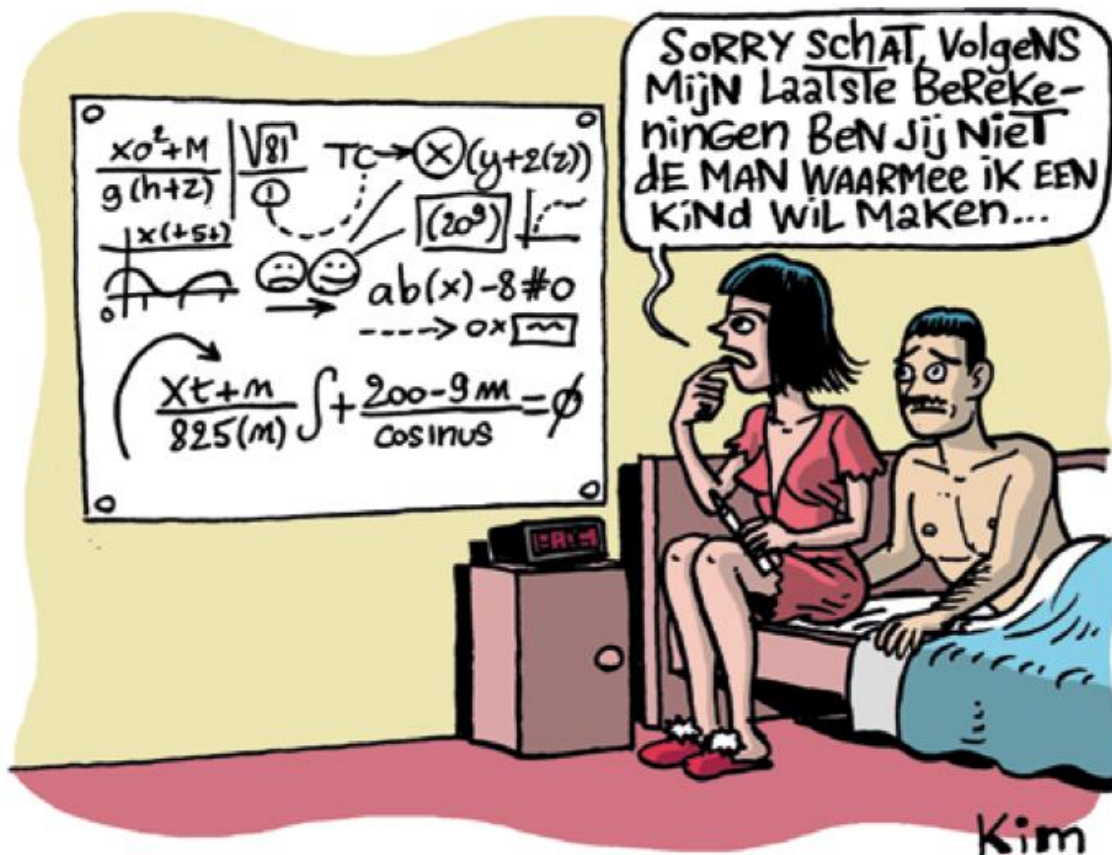
Deze kenmerken worden door ouders aan hun kinderen doorgegeven. De wetenschap die het mechanisme van overerving bestudeert, heet **erfelijkheidsleer** of genetica.



Gregor Mendel (1822 – 1884)

a) Heb jij typische kenmerken mee van je moeder of vader? Welke?

De erfelijkheidsleer of genetica is vandaag de dag van groot belang bij onze visies op het leven, de natuur en de mens. Aan de basis van deze explosieve groei van kennis staat een eenzame pionier: Gregor Mendel. Zijn grote verdienste was dat hij wiskunde ging toepassen bij zijn waarnemingen.



Hoofdstuk 2: Monohybride Kruisingen



2.1 Hoe het begon

De monnik Gregor Mendel ontdekte dat er een aantal wetmatigheden liggen aan de basis van de overerving van elk kenmerk. Om die overervingswetten op het spoor te komen, voerde hij zeven jaar lang kruisingsproeven uit met verschillende erwtenrassen van de soort 'Pisum sativum'. Hij kweekte in die periode meer dan 10 000 erwtenplanten.



Mendel koos er niet zomaar voor om te experimenteren met erwtenrassen van de soort 'Pisum sativum'. Hij had daar namelijk de volgende redenen voor:

- Hun kenmerken zijn gemakkelijk waar te nemen.
- Ze produceren een groot nageslacht.
- Ze doen meestal aan zelfbestuiving, d.w.z. dat het stuifmeel terecht komt op de stempel van dezelfde bloem. Die nakomelingen hebben precies dezelfde kenmerken als de ouderplanten.
- Mendel kon ze experimenteel bestuiven. Hij knipte de meeldraden vroegtijdig weg om zelfbestuiving te voorkomen. Het gewenste stuifmeel van een andere bloem bracht hij met een penseel aan op de stempel.



2.2 Het experiment van Mendel: monohybride kruising met dominante overerving

Mendel voerde verschillende monohybride kruisingen uit. Dat zijn kruisingen tussen twee organismen waarbij men slechts op één kenmerk let bij de volgende generatie.

Begrip	Omschrijving
Monohybride kruising	Kruisingen tussen twee organismen waarbij men let op de overerving van één kenmerk.
Hybride	Elke nakomeling van twee ouders die in minstens een kenmerk van elkaar verschillen

a) Wat betekent een parentale generatie? Leid de betekenis af uit het Engelse 'parents' of het Franse 'des parents'.

b) Plaats de volgende personen in de juiste kolom: ouders, oma, ik, zus, mama, opa, broer, tweelingzus en papa.

Oudste generatie _____

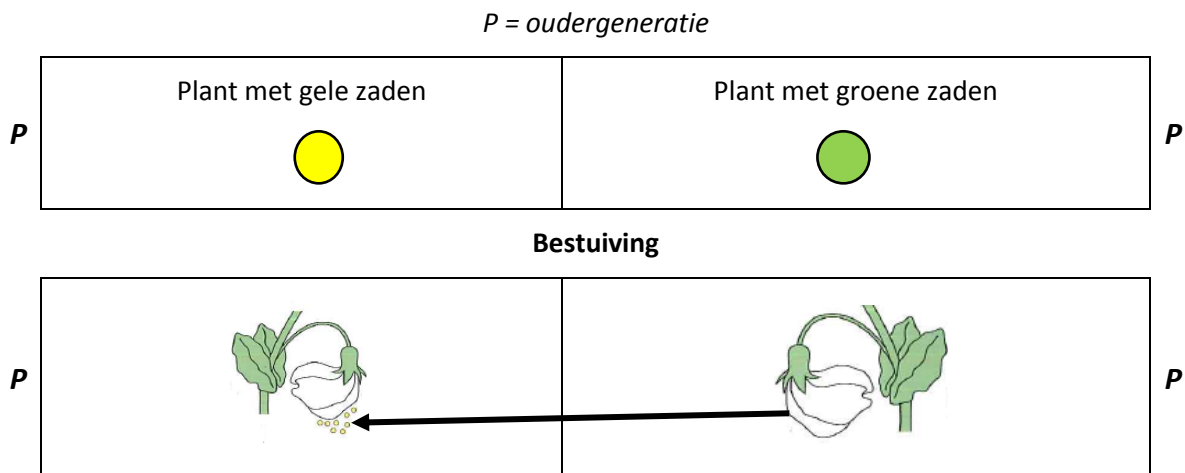
Middelste generatie _____

Jongste generatie _____

2.2.1 Kruising van de parentale generatie (stap 1)

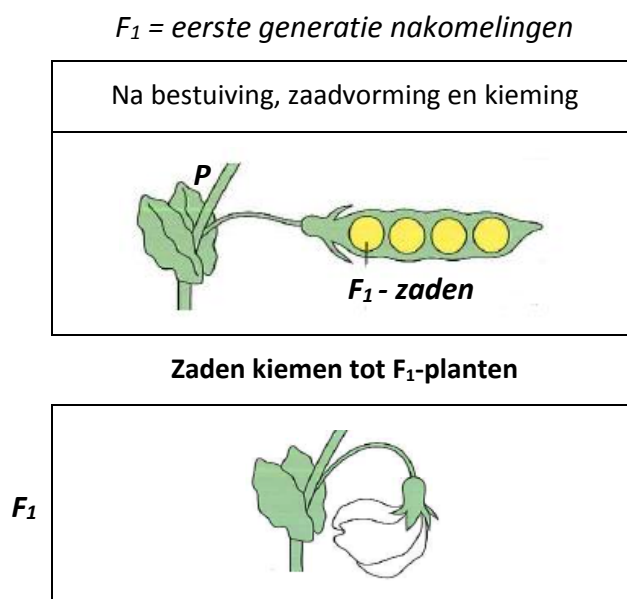
Mendel ging uit van een plant met gele zaden en een plant met groene zaden. Die twee planten vormden de ouderlijke of parentale generatie, aangeduid met de **letter P**.

Om ze te kruisen bracht Mendel stuifmeel van de planten met groene zaden over op stempels van planten met gele zaden en omgekeerd.



Na bevruchting, zaadvorming en kieming van de nieuwe zaden verkreeg Mendel uitsluitend planten met gele zaden. Die planten noemen we de nakomelingen van de eerste generatie, aangeduid met de letter F_1 .

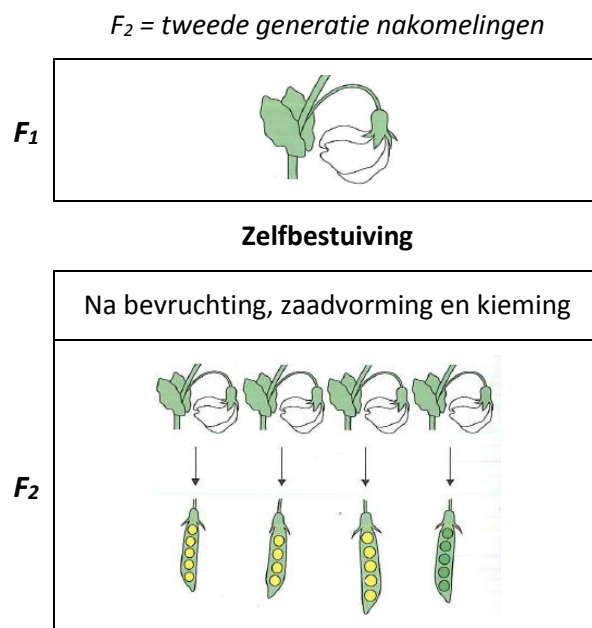
Omdat de F_1 -generatie alleen uit planten met gele zaden bestond, besloot Mendel dat het kenmerk gele zaadkleur overheerste op groene zaadkleur. Gele zaadkleur noemde hij daarom een **dominant** kenmerk en groene zaadkleur een **recessief** kenmerk.



2.2.2 Zelfbestuiving van de F1-generatie (stap 2)

Nu liet Mendel de volgroeide F1-planten aan zelfbestuiving doen. Na bevruchting, zaadvorming en kieming van de nieuwe zaden verkreeg hij de tweede generatie nakomelingen, aangeduid met de **letter F₂**.








De gevormde zaden vertoonden nu niet meer allemaal hetzelfde kenmerk: ongeveer $\frac{3}{4}$ ervan had gele zaden en $\frac{1}{4}$ had groene zaden. De verhouding van gele zaden ten opzichte van groene zaden was globaal genomen dus 3 : 1.



Hoe meer planten in het onderzoek betrokken waren, hoe beter die 3 : 1 verhouding in de praktijk benaderd werd. Op een totaal van 8023 zaden telde Mendel er 6022 gele en 2001 groene.

a) **Waarom is deze verhouding gelijk?**

In totaal deed Mendel dit onderzoek bij de overerving van zeven verschillende kenmerken van erwten. Hij ging steeds op dezelfde manier tewerk: eerst een kruising van de ouders en dan een zelfbestuiving van de F₁.

Kenmerk	P	F ₁	F ₂	Verhouding dominant/recessief
Kleur van de zaadlob	geel x groen 	Geel	6022 geel 2001 groen	3,01 : 1
Zaadvorm	rond x hoekig 	Rond	5474 rond 1850 hoekig	2,96 : 1
Kleur van de bloem	paars x wit 	paars	705 paars 224 wit	3,15 : 1
Peulvorm	opgezwollen x ingesnoerd 	opgezwollen	882 opgezwollen 299 ingesnoerd	2,95 : 1
Peulkleur	groen x geel 	groen	428 groen 152 geel	2,85 : 1
Inplantingsplaats van de bloem	axiaal x terminaal 	axiaal	651 axiaal 207 terminaal	3,14 : 1
Lengte van het stengellid	lang x kort 	lang	787 lang 277 kort	2,84 : 1

a) Waaraan is de verhouding tussen het dominant en het recessief kenmerk steeds ongeveer gelijk?

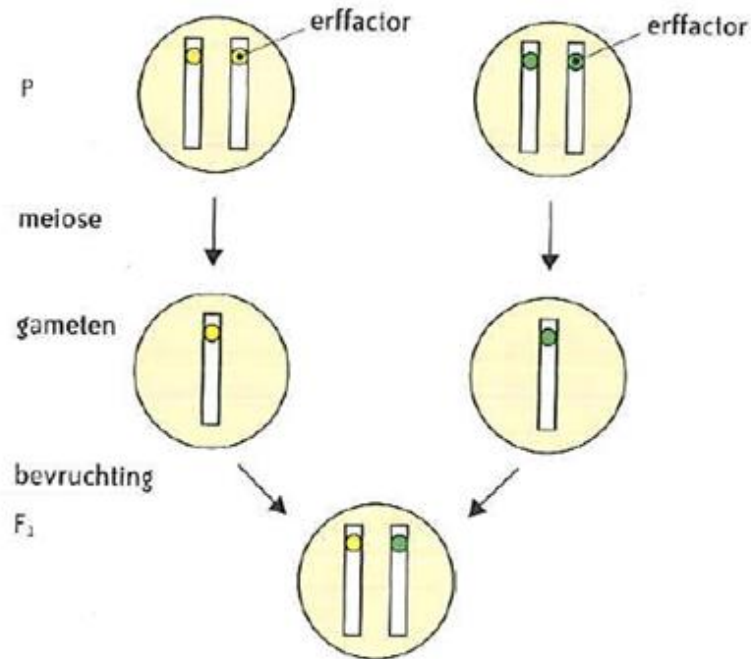
2.2.3 Interpretatie van de resultaten van het experiment

Mendel vertrok vanuit de gedachte dat elk kenmerk door twee erfactoren wordt bepaald. Die erfactoren zijn afkomstig van twee verschillende ouders (bij zelfbestuiving van eenzelfde ouder). Als een organisme gameten (= geslachtscellen) vormt, worden de paren van erfactoren gescheiden zodat elke gameet slechts een van beide erfactoren bezit.

Bij de vorming van de zygote (= bevruchte eicel) verkrijg je dan opnieuw een combinatie van twee erfactoren door de vereniging van de erfactor van de eicel met de erfactor van de zaadcel. Deze gedachte van Mendel kennen wij nu als de splitsingswet.

Splitsingswet (= segregatiewet)

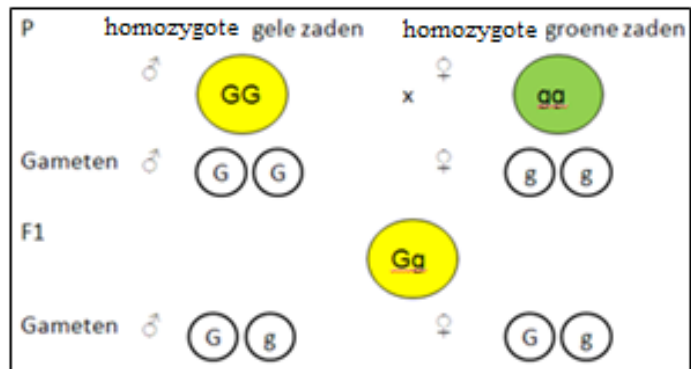
Erfactoren komen in paren voor. Bij de vorming van gameten worden de paren van erfactoren gescheiden, gesplitst en bij de vorming van de zygote worden nieuwe combinaties van twee erfactoren gevormd.



2.2.4 Symbolische voorstelling van het kruisingsexperiment

We duiden de erfactoren aan met letters. We gebruiken een hoofdletter voor het dominante kenmerk en een kleine letter voor het recessieve kenmerk.

Kenmerk	Erfactoren
Kleur van de zaadlob	Geel G
	Groen g



Bij de bevruchting wordt het combineren van gameten volledig door het toeval bepaald. In de F₂-generatie kunnen meerdere combinaties ontstaan. Die kan je snel bepalen met een combinatieschema, ook wel diagram van Punnett genoemd.

a) Maak een combinatieschema van de tweede stap van het kruisingsexperiment van Mendel (F₂ combinatieschema), de zelfbestuiving van de F1 generatie.

b) Welk kenmerk is dominant?

c) Welke lettercombinaties leveren gele zaden op?

d) Welke lettercombinaties zorgen voor groene zaden?

e) Hoeveel gele zaden zullen er zijn?

f) Hoeveel van de zaden kleuren groen?

	♀	G	g
♂	G		
	g		



Hoofdstuk 3: Erfelijkheid en DNA

3.1 DNA

Erfelijke kenmerken (bijvoorbeeld: zaadkleur, oogkleur, bloedgroep en lengte) worden doorgegeven via het erfelijk materiaal (= DNA) in de zaadcel en de eicel.

Dat wil eigenlijk zeggen dat een nakomeling een informatiepakketje van elke ouder ontvangt. Logisch dat je dan op beide ouders lijkt. Om een zaadcel te maken, gebruikt de vader slechts de helft van zijn informatie. Voor de eicel geldt hetzelfde. Toeval speelt een rol in het samenstellen van het pakketje in de zaadcel en de eicel. Daarom zijn broer en zus van dezelfde vader en moeder nooit identiek.

a) Bekijk dit voorbeeld van honden

♂ Poedel



♀ Golden retriever



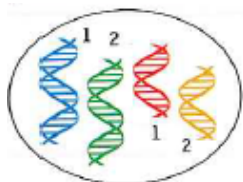
Gouden Doedel



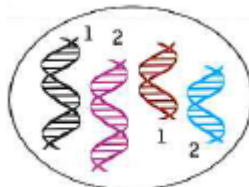
+

=

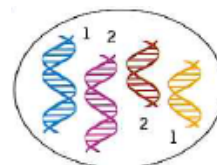
Erfelijk materiaal in lichaamscel



Erfelijk materiaal in lichaamscel



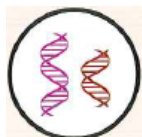
Erfelijk materiaal in lichaamscel



Ontwikkelen zaadcel



Ontwikkelen eicel



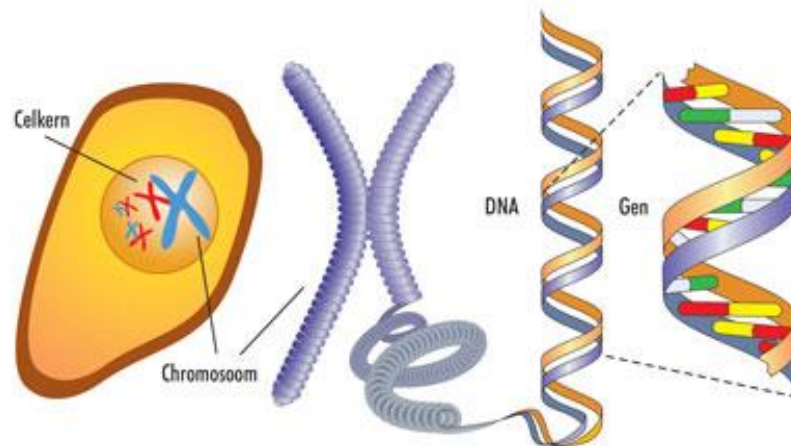
+

=

Toeval speelt hierbij een rol.

Uit het voorbeeld met de Gouden Doedel kan je eenvoudig begrijpen dat nakomelingen voor nog meer variatie binnen de soort zorgen. Nakomelingen mogen dan wel heel sterk op hun ouders gelijken, toch verschillen ze ook van elke afzonderlijke ouder. Er ontstaat meer variatie binnen de soort omdat er **nieuwe combinaties** van erfelijk materiaal gemaakt worden.

Het erfelijk materiaal of DNA ligt in onze celkern en is dus uniek voor iedereen. Ten tijde van Mendel, de grondlegger van de erfelijkheidsleer, was er nog maar weinig geweten over de cel. Pas na zijn ontdekkingen werden 'structuren' in de celkern ontdekt die we nu kennen als chromosomen, dragers van het erfelijk materiaal (= DNA). Nog later werd het verloop van de mitose en de meiose ontdekt.



Mendel noemde zijn dragers van erfelijke kenmerken (bv: oogkleur) erfactoren. Nu noemen we ze genen en die genen liggen op chromosomen.



3.2 Geneticabegrippen

Bij de erfelijkheidsleer maken we gebruik van de volgende begrippen. Het is nodig om te weten wat ze betekenen.

Begrip	Omschrijving
Genen en allelen	Mendels kenmerken zijn genen (bijvoorbeeld het gen zaadkleur). De verschillende vormen (erfactoren) waarin een gen kan voorkomen noemen we allelen. Het gen zaadkleur kan dus onder twee mogelijke allelen voorkomen, namelijk geel en groen, voorgesteld door G en g.
Fenotype en genotype	De geelzadige P-planten en de geelzadige F ₁ -planten hebben dezelfde waarneembare kenmerken. Ze hebben dus hetzelfde fenotype, namelijk gele zaden. Maar de geelzadige P-planten en de geelzadige F ₁ -planten hebben niet hetzelfde genotype. Genotype P-planten: GG Genotype F ₁ -planten: Gg
Homozygoot en heterozygoot genotype/individu	Als de allelen voor een kenmerk identiek zijn, noemen we het genotype homozygoot of raszuiver (Vb.: GG of gg). Als de allelen voor een kenmerk niet identiek zijn, noemen we het genotype heterozygoot of niet-raszuiver (Vb.: Gg).
Dominante en recessieve allelen	Een kenmerk dat door een dominant allel bepaald wordt, komt tot uiting in het fenotype zowel bij een homozygoot (GG) als bij een heterozygoot (Gg) genotype. Recessieve allelen kunnen maar tot uiting komen in het fenotype, als ze in een homozygoot genotype aanwezig zijn (gg).

- a) Geef het fenotype en vul in of de volgende zaden heterozygoot of homozygoot zijn. Fluoresceer daarna de dominante allelen.

Genotype	Fenotype	Homozygoot/heterozygoot
GG		
Gg		
gg		

- b) Bij het fokken van een ras (Vb.: erwten met groene zaden) is het aangeraden om een parentale generatie te gebruiken die homozygoot is voor het gewenste kenmerk. Verklaar dat met een combinatieschema.

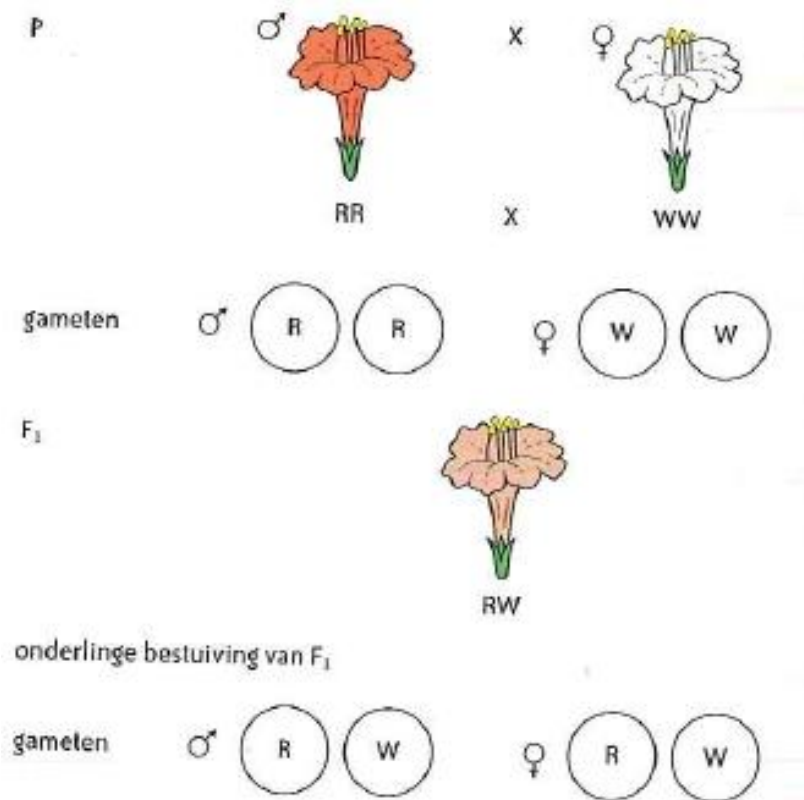


Hoofdstuk 4: Monohybride kruising met intermediaire overerving

4.1 Experiment

In een experiment met de nachtschone, ook wel wonderbloem genoemd, wilde men de overerving van de bloemkleur nagaan.

Men kruiste een homozygote witte wonderbloem met een homozygote rode wonderbloem.



Alle F₁-planten hadden roze bloemen. We noemen die roze kleur een **intermediair kenmerk**. Noch het allel voor rood noch het allel voor wit domineert. Het resultaat van beide invloeden is een mengvorm tussen rood en wit.

Om aan te geven dat noch het allel rood noch het allel wit domineert, gebruiken we twee verschillende letters: R voor rood en W voor wit.



Gen	allelen	genotypen	fenotypen
Bloemkleur	Rood R	RR	Rood
		RW	Roze
	Wit W	WW	Wit

a) Vul het combinatieschema aan voor de F₂-generatie.

♀		
♂		

b) Hoeveel rode bloemen zijn er?

c) Hoeveel roze bloemen zijn er?

d) Hoeveel witte bloemen zijn er?

e) Geef de fenotypische verhoudingen van de F₂-generatie in breukvorm.

.....

.....



Hoofdstuk 5: Oefeningen monohybride kruisingen

Bij intermediaire overerving ontstaat er een mengvorm bij een heterozygoot. In sommige gevallen ontstaat er geen mengvorm. Soms brengt elk allel afzonderlijk zijn uitwerking fenotypisch tot uiting. Beide allelen drukken dan elk apart hun stempel op het fenotype. Allelen die zo werken noemen we codominant.

Codominante overerving vinden we terug bij de kleur van de veren van Andalusische hoenders. Het heterozygote genotype levert een gespikkeld fenotype op met zwarte en witte vlekjes.



Gen	allelen	genotypen	fenotypen
Kleur van de veren	Wit W	WW	Wit
		WZ	Gespikkeld
	Zwart Z	ZZ	Zwart

- a) Men kruist een homozygote zwarte hen met een heterozygote haan. Vul het schema aan en geef de frequenties van de F₁-generatie.

♀		
♂		

Frequentie:

- b) Geef de fenotypische verhoudingen van de F₂-generatie in breukvorm
-

c) Men kruist twee heterozygote hoenders. Geef de frequenties van de F1-generatie.

♂ \ ♀		

Frequentie:

d) Kan men een homozygote, fokzuivere gespikkelde haan kweken?

e) Bij rundvee is zwartbont dominant over roodbont, aangeduid met Z en z. Kan men uit twee zwartbonte ouders een roodbont kalf krijgen? Zo ja, hoe is dan het genotype van de ouders?





f) Men kruist een bruingele Guineese big (Cavia) met een witte. In de F2 krijgt men 134 bruingele, 265 lichtgele en 137 witte dieren. Licht deze kruising toe met een schema.



- g) Uit een kruising tussen een zwart en een witte Cavia ontstaat een F_1 -generatie die voor de helft uit zwarte en voor de helft uit witte dieren bestaat. Worden de witte dieren van deze F_1 onderling gekruist dan ontstaat een F_2 van uitsluitend witte dieren. Worden de zwarte dieren van de F_1 onderling gekruist, dan ontstaan een F_2 die voor $\frac{3}{4}$ uit zwarte en voor $\frac{1}{4}$ uit witte dieren bestaat. Werk deze gegevens uit in een kruisingsschema.

h) Bij de oogkleur van de mens domineert bruin over blauw.

- Kunnen ouders met blauwe ogen kinderen krijgen met bruine ogen?
- Kunnen ouders met bruine ogen kinderen krijgen met blauwe ogen?



- i) 85 % van de Nederlandse bevolking heeft de bloedfactor Rhesus positief (Rh+), de rest is Rhesus negatief (Rh-). Rh+ is dominant over Rh-.
Welke genotypen en fenotypen kunnen de kinderen hebben als moeder Rh- is en vader Rh+ is?

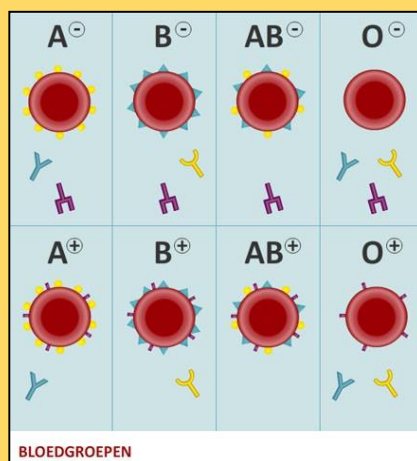
Wat is de Rhesusfactor?

De Rhesusfactor is een **antigeen** dat zich op de oppervlakte van de rode bloedcellen bevindt.

Een **antigeen** is een molecule die een reactie van het afweersysteem kan opwekken, waarbij antilichamen worden aangemaakt. Dit gebeurt wanneer het lichaam het antigeen als een lichaamsvreemde stof beschouwd. (Virussen en bacteriën worden bijvoorbeeld herkend als een lichaamsvreemd antigeen waartegen er een afweerreactie optreedt)

Wie rode bloedcellen heeft waarop het Rhesusfactor antigeen zit, is Rhesus positief. De anderen zijn Rhesus negatief.

Bij een Rhesus negatieve persoon wordt het Rhesusfactor antigeen beschouwd als een lichaamsvreemde stof. Het lichaam maakt bijgevolg antilichamen aan tegen het Rhesusfactor antigeen.





Hoofdstuk 6: Dihybride kruisingen

Mendel wilde meerdere kenmerken tegelijk onderzoeken en breidde daarom zijn onderzoeken uit naar dihybride kruisingen.

Begrip	Omschrijving
Dihybride kruising	Kruisingen tussen twee organismen waarbij men let op de overerving van twee erfelijke kenmerken tegelijk. Andere kenmerken worden buiten beschouwing gelaten.

6.1 Dihybride kruising met twee dominante kenmerken bij eenzelfde ouder

6.1.1 Kruisingsproeven

Mendel deed kruisingsproeven met homozygote erwtenrassen die in twee kenmerken verschilden. Hij kruiste erwtenplanten met ronde, gele zaden met erwtenplanten die hoekige, groene zaden hebben.



Alle F₁-hybriden droegen ronde, gele zaden.

a) Hieruit kunnen we besluiten dat bepaalde allelen domineren op andere. Welke?

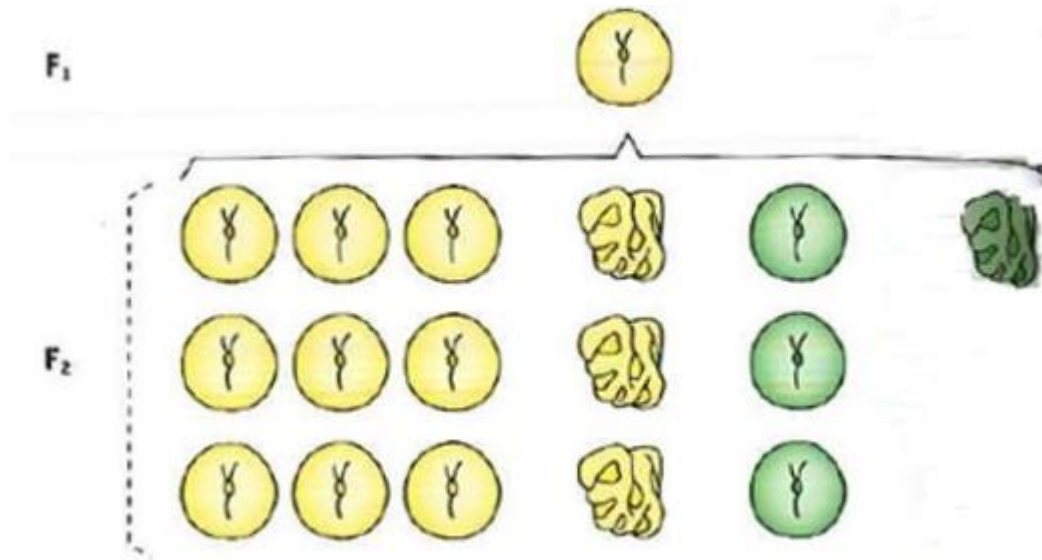
1.

2.

We gebruiken een hoofdletter voor het dominante kenmerk en een kleine letter voor het recessieve kenmerk.

Gen	Allelen
Zaadvorm	Rond R
	Hoekig r
Zaadkleur	Geel G
	Groen g

De F₂-generatie leverde dit resultaat op.



b) Hoeveel verschillende fenotypen levert de F₂-generatie?

c) Beschrijf deze fenotypen. Hoe zien ze er concreet uit?

d) Vul het kruisingsschema aan.

P	Fenotype	Homozygoot rond geel	X	Homozygoot hoekig groen
	Genotype		X	
	Gameten			
F ₁	Genotype			
	Fenotype			
	Gameten			
F ₂	Ontstaan uit alle mogelijke combinaties van vier ♂ en vier ♀ gameten, er zijn 16 verschillende combinaties mogelijk.			

e) Vul het combinatieschema van de F₂-generatie aan. De vrouwelijke gameten staan verticaal, de mannelijke staan horizontaal in de tabel. Bepaal de verhoudingen van de F₂-generatie.

♀ ↓ / ♂ →	RG	Rg	rG	rg
RG				
Rg				
rG				
rg				

Uit het combinatieschema leiden we af in welke frequentie de verschillende geno- en fenotypen voorkomen in F₂.

f) Vul het schema verder aan.

Verschillende genotypen in F ₂	Aantal maal dat het genotype voorkomt	Overeenkomend fenotype	Frequentie van de fenotypen in F ₂
RRGG			
RRGg			
RrGG			
RrGg			
RRgg			
Rrgg			
rrGG			
rrGg			
rrgg			

De splitsingswet is ook van toepassing voor dihybride kruisingen.

a) Welke nieuwe vormen ontstaan er?

Daarvan zijn sommige homozygoten, nl. RRgg en rrGG. Die kenmerken zullen bij verder kweken behouden blijven. Door kruising is dus mogelijk nieuwe rassen te krijgen. In land- en tuinbouw brengt men door kruising de gunstige eigenschappen van twee verschillende rassen samen. Dat is een vorm van veredeling en selectie.



6.1.2 Interpretatie van de resultaten: onafhankelijkheidswet

b) Mendel maakt op basis van de resultaten van zijn kruisingsexperiment de volgende redenering:

- We letten in F_2 alleen op de zaadvorm:

Wat is de kans op ronde zaden?

.....

Wat is de kans op hoekige zaden?

.....

- We letten in F_2 alleen op de zaadkleur:

Wat is de kans op gele zaden?

.....

Wat is de kans op groene zaden?

.....

De verhouding voor zaadvorm en zaadkleur is 3 : 1, zoals bij de monohybride kruisingen. De kenmerken 'rond-hoekig' en 'geel-groen' volgen dus elk afzonderlijk de splitsingswet. Daaruit leidde Mendel de onafhankelijkheidswet af.

Onafhankelijkheidswet

De allelen van een allelenpaar gedragen zich bij overerving onafhankelijk van de allelen van een ander allelenpaar.

Er bestaat een snellere manier om de verhoudingen van de fenotypen te weten te komen door kansrekening toe te passen. Zo moet je niet elke keer een combinatieschema opstellen en de genotypen tellen.

Als je bijvoorbeeld wilt weten wat de kans is dat je erwtenplanten met ronde, groene zaden ($R \bullet gg$, het punt staat voor R of r) zult verkrijgen, noteer je eerst het genotype en bereken je vervolgens de kans voor elk kenmerk afzonderlijk.

De kans op R na een kruising $Rr \times Rr$ is $\frac{3}{4}$.

De kans op gg na een kruising $Gg \times Gg$ is $\frac{1}{4}$.

De kans dat het genotype in de F_2 zal voorkomen, is het product van de afzonderlijke kansen.

De kans op $R \bullet gg$ is dan $\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$.



6.2 Dihybride kruising met één dominant en één intermediair kenmerk

Bij katten domineert het tabbypatroon van de vacht (donkere tekening op lichte achtergrond). Zwarte vacht is een recessief kenmerk. Wat betreft staartlengte is er geen dominantie: de heterozygote katten bezitten een staartstomp, terwijl de homozygote katten staartloos zijn of een normale lange staart hebben. Voor de staartlengte geldt dus **intermediaire overerving**.



Genen	Allelen	Genotypen	Fenotypen
Vachtkleur	Tabby A Zwart a	AA	Tabbyvacht
		Aa	Tabbyvacht
		aa	Zwart
Staartlengte	Lange staart B Staartloos b	BB	Lange staart
		Bb	Staartstomp
		bb	Staartloos

a) We kruisen twee homozygote katten, de één met tabbyvacht en lange staart (AABB), de andere met zwarte vacht en staartloos (aabb). Wat vind je in de F₁-generatie?



b) Bereken nu aan de hand van kansrekening de verhoudingen van de verschillende fenotypen wanneer we de F₁-hybriden onder elkaar zouden kruisen.

Fenotypen in F ₂	Berekeningen	Frequenties van de fenotypen in F ₂



6.3 Oefeningen dihybride kruisingen

a) Bij katten is gevlekt haar (V) dominant over effen (v).

Kort haar (K) is dominant over lang (k), zoals bij een Angora of Perzische poes.

We kruisen een homozygote langharige gevlekte kater met een homozygoot effen kortharige poes.

- Hoeveel procent van de F₂-generatie is gevlekt kortharig?
- Hoeveel procent van de gevlekt kortharigen uit de F₂ is werkelijk homozygoot voor beide eigenschappen?



b) Bij de mens wordt verondersteld dat het bezit van een gevlekte huid (S) dominant is over een niet gevlekte huid (s) en dat krullend haar (W) domineert over sluike haar (w). Welke genotypen en fenotypen zullen de kinderen kunnen hebben in het volgende geval:

P : vader Ssww X moeder ssWw

Maak een combinatieschema.



c) Het voorkomen van een gebogen Romeinse neus is dominant over de aanwezigheid van een rechte neus, terwijl brede neusgaten domineren over smalle neusgaten. Twee vrouwen, ieder met een rechte neus en smalle neusgaten huwen twee mannen, beide met een Romeinse neus en brede neusgaten. Als we aannemen dat de eerste man homozygoot was voor beide kenmerken, en de tweede heterozygoot, hoe zal zich dit dan manifesteren in het nageslacht?



gebogen Romeinse neus

d) Bij kippen is het bezit van gevederde poten (F) dominant over kale poten (f) en het bezit van een erwtenkam (P) dominant over een enkele kam (p).

Twee hanen, A en B, worden gekruist met twee kippen, C en D.

Alle vier de ouders hebben gevederde poten en een erwtenkam.

A met C en D levert nakomelingen op die allemaal gelijk zijn aan de ouders.

B met C levert nakomelingen op die zowel gevederde als kale poten bezitten, maar allemaal een erwtenkam hebben.

B met D ten slotte levert nakomelingen op die allemaal gevederde poten hebben, maar gedeeltelijk een erwtenkam en gedeeltelijk een enkelvoudige kam bezitten.

Wat zijn de genotypen van A, B, C en D?





6.4 Haarkleur

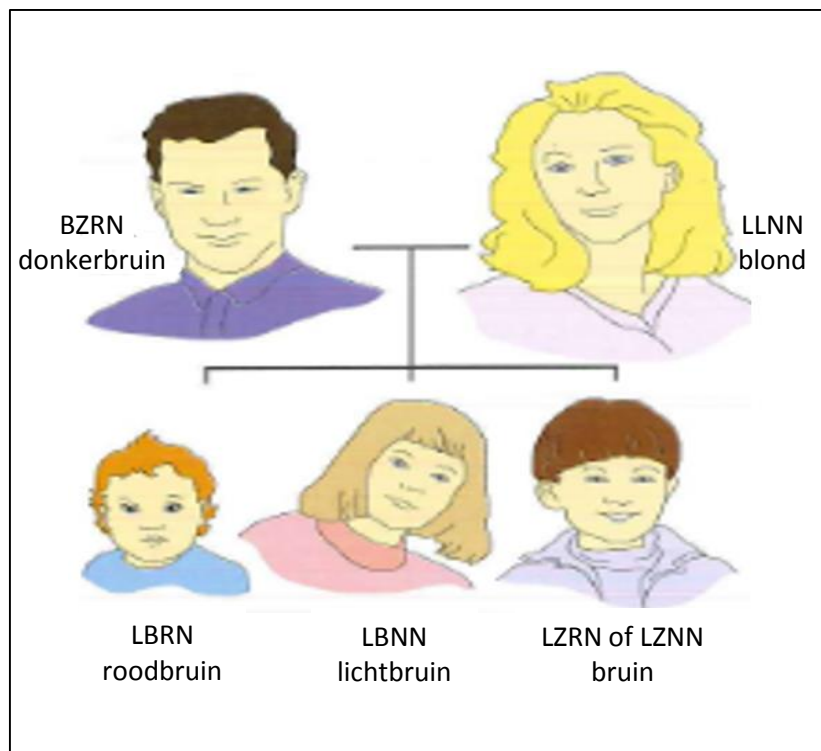
Bij haarkleur zijn er meerdere allelen van één gen. Dat noemen we multipele allelen.

Begrip	Omschrijving
Multipele allelen	Wanneer er meerdere allelen zijn van één gen. Zo bestaan er meer genotypen en fenotypen.

Haarkleur wordt bepaald door de aanwezigheid van het pigment melanine. Hoe meer melanine er gevormd wordt, hoe donkerder de haarkleur wordt. Hieronder vind je een van de hypothesen over hoe de haarkleur wordt overgeërfd.

6.4.1 Blond, bruin of zwart haar

Er wordt van uitgegaan dat er minstens drie verschillende allelen bestaan voor de kleur van de haren. Deze allelen staan in voor de productie van melanine. Het allel voor lichtblond (L) haar maakt weinig melanine aan, het allel voor bruin haar (B) maakt een middelmatige hoeveelheid melanine aan en het allel voor zwart haar (Z) maakt een maximum hoeveelheid melanine aan. Deze allelen worden intermediair overgeërfd.



6.4.2 Rood haar

Sommige mensen hebben rode haren, ook al hebben de ouders geen rode haren. Voor rood haar is er nog een ander genenpaar verantwoordelijk. Bij dat gen vinden we een allel voor 'rood haar' en een allel voor 'geen rood haar'. Haarkleur wordt door meer dan een gen bepaald, namelijk door het gen haarkleur en door het gen rood haar.

Bij haarkleur werken meerdere genen samen om tot een bepaald haarkleur te komen. Dat noemen we polygenie.



Begrip	Omschrijving
Polygenie	Wanneer meerdere genen samenwerken om één kenmerk tot stand te brengen.

LET OP: het gen voor rood haar komt enkel tot uiting bij lichtblond of lichtbruin haar. Een allel voor Z of twee allelen voor B onderdrukken het allel R. Dit noemen we **epistasie**.

Genen	Allelen	Genotypen	Fenotypen
Haarkleur	Blond L Zwart Z Bruin B	LL	Lichtblond
		LZ	Bruin
		ZZ	Zwart
		ZB	Donkerbruin
		BB	Bruin
		LB	Lichtbruin
Rood haar	Rood R Niet rood N	RR	Rood haar
		RN	Rood haar
		NN	Geen rood haar

6.4.3 Oefening

a) Verbind de genotypen met de correcte foto van de genotypen. Soms zijn er meerdere mogelijkheden.

ZZRN
(zwart)

•

•

LBNN
(lichtbruin)

•

LLRR
(rood)

•

•

ZZRR
(zwart)

•

•

LBRN
(rood)

•

LLNN
(lichtblond)

•

•

BBRN
(bruin)

•

BBRR
(bruin)

•

ZZNN
(zwart)

•

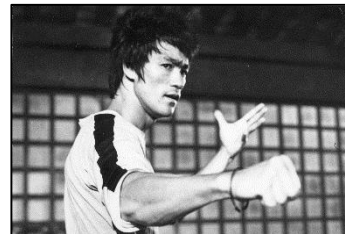
•



Florence heeft rood haar



Doutzen Kroes heeft lichtblond haar



Bruce Lee heeft zwart haar



Emma Watson heeft lichtbruin haar



Axel Witsel heeft bruin haar



6.5 Oogkleur

Met de oogkleur bedoelen we de kleur van de iris. Die kleur wordt door twee genen bepaald. De genen coderen allebei voor het bruine pigment melanine.

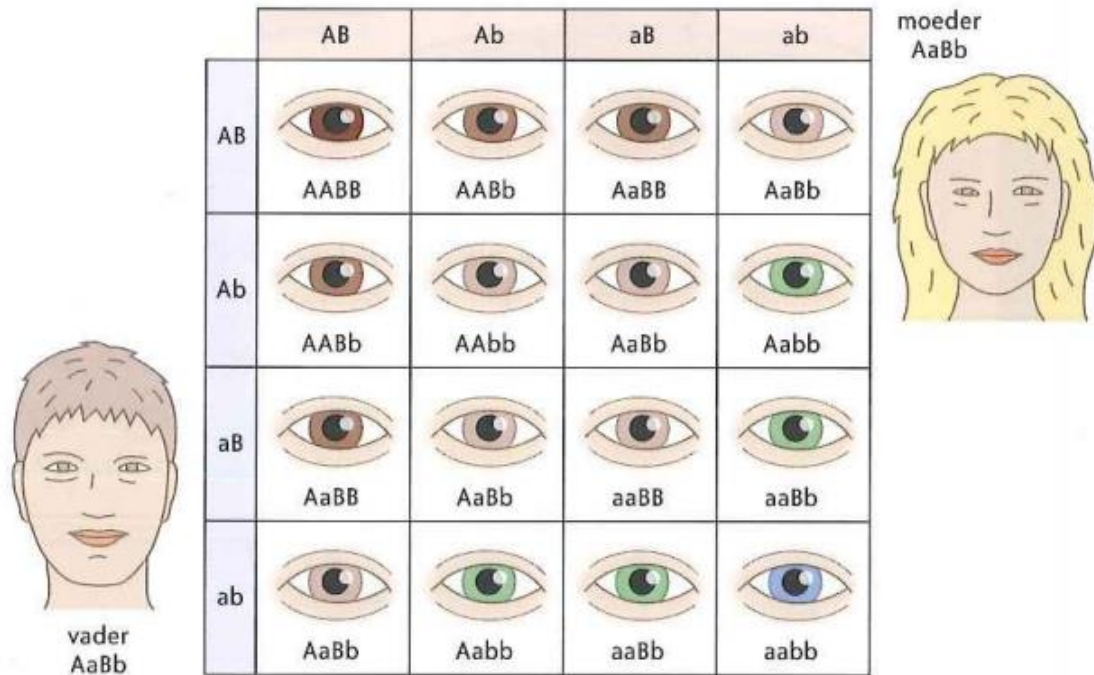
a) Is er bij oogkleur sprake van polygenie? Verklaar je antwoord.

Hoe meer dominante allelen in het genotype voorkomen, hoe meer melanine er geproduceerd wordt en hoe donkerder de iris is.



Genen	Allelen
Oogkleur 1	Donker A
	Licht a
Oogkleur 2	Donker B
	Licht b

Aantal dominante allelen aanwezig in genotype	Genotypen	Fenotypen
4	AABB	Donkerbruin / zwart
3	AABb	Middelbruin
	AaBB	
2	AAbb	Lichtbruin
	aaBB	
	AaBb	
1	Aabb	Donkerblauw / groen
	aaBb	
0	aabb	Lichtblauw



6.6 Oefening op haar- en oogkleur

6.6.1 Kenmerken

a) Bekijk het schema van de vader en de moeder. Vul de kolom van hun fenotype aan.

Geslacht	Gen	Genotype	Fenotype
Vader	Haarkleur	LBNN	
	Oogkleur	aaBb	
Moeder	Haarkleur	LZRN	
	Oogkleur	AaBb	

b) Vul in het schema van de parentale generatie het fenotype, het genotype en de gameten aan. Noteer dat eerst voor het haarkleur, daarna voor het oogkleur.

		Vader ♂		Moeder ♀
P	Fenotype		x	
	Genotype		x	
	Gameten			

We weten nu al hoe de ouders eruit zien en wat hun genetische code is voor haarkleur en oogkleur. Nu zijn de ouders benieuwd hoe hun baby er zou kunnen uitzien. Daarvoor noteren we alle mogelijke combinaties in een F_1 -combinatieschema.

- c) **Stel een combinatieschema van de F_1 -generatie. Vul daarbij haarkleur en oogkleur afzonderlijk in. De mannelijke gameten noteer je horizontaal, de vrouwelijke gameten vul je in de verticale kolom in. Vul vervolgens alle combinaties in.**

		Haarkleur				Oogkleur			
♂ gameten →	♀ gameten ↓								
		Haarkleur							
Oogkleur									

We weten al welke mogelijkheden er zijn. De volgende stap in het onderzoek is tellen hoe vaak elk fenotype eruit ziet.

- d) **Vul de frequenties aan. Hoe vaak komt elk fenotype voor?**

Haarkleur		Oogkleur	
Lichtblond haar		Donkerbruin/zwarte ogen	
Lichtbruin haar		Middelbruine ogen	
Bruin haar		Lichtbruine ogen	
Donkerbruin haar		Donkerblauw/groene ogen	
Zwart haar		Lichtblauwe ogen	
Rood haar			



6.6.2 Kansen

Bereken de onderstaande kansen.

a) **Wat is de kans op een baby met lichtblond haar?**

.....

b) **Wat is de kans dat het kind middelbruine ogen heeft?**

.....

c) **Wat is de kans op lichtblond haar EN middelbruine ogen samen?**

.....

d) **Wat is de kans op lichtblond haar OF middelbruine ogen?**

.....

e) **Wat is de kans dat het kind geen rood haar heeft?**

.....



f) **Bereken de kans dat het kind zwart haar heeft.**

.....

g) **Wat is de kans dat het kind lichtbruine ogen en lichtbruin haar heeft?**

.....



Hoofdstuk 7: Onderzoek in de klas

7.1 Gegevens verzamelen

a) Noteer de gegevens van jouw klas in de tabel.

Nr.	Naam	Geslacht ♂/♀	Haarkleur	Oogkleur
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

7.2 Gegevens tellen

a) Vul in de frequentietabel aan hoeveel keer elk kenmerk voorkomt in de klas.

7.2.1 Algemeen

Haarkleur		Oogkleur	
Lichtblond haar		Donkerbruin/zwarte ogen	
Lichtbruin haar		Middelbruine ogen	
Bruin haar		Lichtbruine ogen	
Donkerbruin haar		Donkerblauw/groene ogen	
Zwart haar		Lichtblauwe ogen	
Rood haar			

7.2.2 Jongens

Haarkleur		Oogkleur	
Lichtblond haar		Donkerbruin/zwarte ogen	
Lichtbruin haar		Middelbruine ogen	
Bruin haar		Lichtbruine ogen	
Donkerbruin haar		Donkerblauw/groene ogen	
Zwart haar		Lichtblauwe ogen	
Rood haar			

7.2.3 Meisjes

Haarkleur		Oogkleur	
Lichtblond haar		Donkerbruin/zwarte ogen	
Lichtbruin haar		Middelbruine ogen	
Bruin haar		Lichtbruine ogen	
Donkerbruin haar		Donkerblauw/groene ogen	
Zwart haar		Lichtblauwe ogen	
Rood haar			



7.3 Kansen

Bereken de kans dat volgende gebeurtenissen plaatsvinden in de klas.

a) **Wat is de kans dat iemand in de klas donkerbruin/zwart haar heeft?**

.....

b) **Wat is de kans dat iemand in de klas blauwe of groene/donkerblauwe ogen heeft?**

.....

c) **Wat is de kans dat iemand in de klas middenbruin haar heeft en groene ogen?**

.....

d) **Wat is de kans dat een blond meisje uit de klas geen blauwe ogen heeft?**

.....

e) **Wat is de kans dat iemand van de klas blauwe, groene, bruine of zwarte ogen heeft?**

.....

7.4 Generatieonderzoek

Vorm groepjes van twee. Onderzoek hoe jullie F_1 -generatie eruit zou kunnen zien.

- a) Bepaal zo goed mogelijk jullie genotype en fenotype. (Denk aan de haar- en oogkleuren van je ouders, grootouders, broers en zussen).

De kans bestaat dat er twee of meer mogelijkheden zijn voor je genotype, dan kies je er een uit.

Naam	Gen	Genotype	Fenotype
	Haarkleur		
	Oogkleur		
	Haarkleur		
	Oogkleur		



- b) Bepaal nu hoe jullie kinderen en kleinkinderen eruit zouden kunnen zien. In dit geval zijn jullie de parentale generatie.

		Vader ♂		Moeder ♀
P	Fenotype		x	
	Genotype		x	
	Gameten			

- c) Stel een combinatieschema van de F_1 -generatie. Vul daarbij haarkleur en oogkleur afzonderlijk in. De mannelijke gameten noteer je horizontaal, de vrouwelijke gameten vul je in de verticale kolom in. Vul vervolgens alle combinaties in.

		Haarkleur				Oogkleur			
♂ gameten →	♀ gameten ↓								
		Haarkleur							
Oogkleur									

We weten al welke mogelijkheden er zijn. De volgende stap in het onderzoek is tellen hoe vaak elk fenotype eruit ziet.

- d) Vul de frequenties aan. Hoe vaak komt elk fenotype voor?

Haarkleur		Oogkleur	
Lichtblond haar		Donkerbruin/zwarte ogen	
Lichtbruin haar		Middelbruine ogen	
Bruin haar		Lichtbruine ogen	
Donkerbruin haar		Donkerblauw/groene ogen	
Zwart haar		Lichtblauwe ogen	
Rood haar			

e) Bereken hieronder tien verschillende kansen. Gebruik zowel genotypen als fenotypen!

Uiterlijk	Kans
Bijvoorbeeld: $P(\text{LBRNAABb}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{4} = \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

f) Vul de zin aan. De kans is het grootst dat onze kinderen er zo uitzien:

.....

.....

.....

Hoofdstuk 8: Begrippenlijst

- Allel** De verschillende vormen waarin een gen kan voorkomen noemen we allelen (Vb.: Het gen zaadvorm komt voor onder de allelen rond en hoekig).
- Dihybride kruising** Kruisingen tussen twee organismen waarbij men let op de overerving van twee erfelijke kenmerken tegelijk. Andere kenmerken worden buiten beschouwing gelaten.
- Dominant allel** Een dominant allel komt tot uiting in het fenotype zowel bij een homozygoot (GG) als bij een heterozygoot (Gg) genotype.
- Epistasie** Wanneer de allelen van een gen enkel tot uiting komen bij bepaalde allelen van een **ander** gen (bv: het allel voor rood haar komt enkel tot uiting bij lichtblond of lichtbruin haar. Een allel voor Z of twee allelen voor B onderdrukken het allel R).
- Erfelijke kenmerken** Kenmerken (bv: oogkleur) die je van je vader en moeder kan erven.
- Erfelijkheidsleer** Wetenschap die het mechanisme van overerving bestudeert.
- Erffactor** Een erffactor of gen is een gedeelte van het chromosoom met gecodeerde informatie voor één erfelijke eigenschap. Erffactoren komen paarsgewijs voor in de lichaamscellen.
- F₁-generatie** De generatie die al de nakomelingen van de parentale generatie bevat.
- F₂-generatie** De generatie die al de nakomelingen van de F₁-generatie bevat.
- Fenotype** De waarneembare kenmerken van een bepaald organisme (bv: groene zaden, ronde zaden).
- Gameet** Geslachtscel die dient voor de voortplanting van een soort. Gameten bevatten slechts één erffactor van ieder chromosoom. In een gewonde lichaamscel komen erffactoren paarsgewijs voor.
- Gen** Een gen is een deel van het chromosoom dat erfelijke informatie bevat voor een bepaald kenmerk (Vb.: zaadvorm).
- Generatie** De verzameling van alle individuen die van dezelfde individuen afstammen, op dezelfde afstand. Dochters en kleindochters behoren tot een verschillende generatie, omdat de afstand verschillend is.

- Genetica** Wetenschap die het mechanisme van overerving bestudeert.
- Genotype** Erfelijke informatie die je in de chromosomen vindt (Vb.: GGRr of GGRR). De genotypen zorgen voor een bepaald fenotype (bv: geel, rond) dat je waarneemt.
- Heterozygoot** Wanneer de allelen voor een kenmerk niet identiek zijn (Vb.: Gg), noemen we het genotype van dat kenmerk heterozygoot of niet-raszuiver.
- Homozygoot** Wanneer de allelen voor een kenmerk identiek zijn (Vb.: GG of gg), noemen we het genotype van dat kenmerk homozygoot of raszuiver.
- Hybride** Elke nakomeling van twee ouders die in minstens een kenmerk verschillen.
- Intermediair kenmerk** Wanneer geen van de allelen domineert. Twee verschillende allelen zorgen dan voor een mengvorm in het fenotype. (Vb.: RR = rood, WW = wit, RW = roze).
- Kieming** Het proces van de groei van een zaad.
- Melanine** Pigment dat huid, haar en ogen hun kleur geeft.
- Mendel** De monnik Gregor Mendel is de grondlegger van de erfelijkheidsleer. Zijn ontdekte overervingswetten zijn tot op de dag van vandaag nog steeds geldig.
- Monohybride kruising** Kruisingen tussen twee organismen waarbij men let op de overerving van een kenmerk.
- Multipale allelen** Wanneer er meerdere allelen zijn van één gen (Vb.: haarkleur: L, B, Z). Zo ontstaan er meer verschillende genotypen en fenotypen.
- Onafhankelijkheidswet** De allelen van een allelenpaar gedragen zich bij overerving onafhankelijk van de allelen van een ander allelenpaar.
- Parentale generatie** Parents betekent ouders. Hiermee bedoelt men de ouderlijke generatie.
- Polygenie** Wanneer meerdere genen samenwerken om een kenmerk tot stand te brengen (Vb.: gen haarkleur en gen rood haar zijn twee genen die samen uiting geven aan het fenotype haarkleur).

- Recessief allel** Een recessief allel komt maar tot uiting in het fenotype, als ze in een homozygoot genotype aanwezig zijn (Vb.: gg).
- Splitsingswet** Erfactoren komen in paren voor. Bij de vorming van gameten worden de paren van erfactoren gescheiden, gesplitst en bij de vorming van de zygote worden nieuwe combinaties van twee erfactoren gevormd.
- Veredeling** Bij veredeling selecteert men planten uit een groep die de gewenste eigenschappen hebben. De beste exemplaren worden doorgekweekt en gekruist tot men een steeds betere 'veredelde' plant kweekt.
- Zelfbestuiving** Wanneer het stuifmeel terechtkomt op de stempel van dezelfde bloem.
- Zygote** Ontstaat wanneer twee gameten (geslachtscellen) met elkaar versmelten.

Hoofdstuk 9: Bronvermelding

- Alblasserdamsnieuws. (2016). *Cavia's en ratten gedumpt in vrieskou*. Opgehaald van Alblasserdamsnieuws: <http://www.alblasserdamsnieuws.nl/wordpress/tag/dumpen/>
- Algemeen Nederlands Woordenboek. (sd). *Lapjeskat*. Opgehaald van Anw.inl: <http://anw.inl.nl/article/lapjeskat>
- Arts, M., Belis, E., Cogneau, E., Cornelissen, W., & De Coster, A. (2012). *WP+ telproblemen en rekenen met kansen leerweg 5*. Plantyn.
- B, Q. (2014, februari 8). "Roman" vs "Greek" vs "Jewish" nose -- what 'classification' do they fall under? Opgehaald van Theapricity: <http://www.theapricity.com/forum/showthread.php?109315-quot-Roman-quot-vs-quot-Greek-quot-vs-quot-Jewish-quot-nose-what-classification-do-they-fall-under>
- Bogaert, P., Geeurickx, F., Muylaert, M., Van Nieuwenhuyze, R., Willockx, E., Carreyn, B., & al, e. (2012). *4 VBTL Meetkunde leerweg 4*. Brugge: Die Keure.
- Bruce Lee Action Museum. (2016). *Mission/vision*. Opgehaald van Bruce Lee Action Museum: <http://www.bruceleeactionmuseum.org/index.cfm/page/BLAM/pid/10254>
- De Schutter, P., Neels, L., & al, e. (2005). *Bioskoop 5/6 C. Basisboek*. Kapellen: Pelckmans.
- de Vries, E. (2014, april 4). *Jouw bloed en samenstelling*. Opgehaald van Jouwbloed: <http://www.jouwbloed.nl/jouw-bloed/>
- Denecker, J., De Smedt, M., & al, e. (2006). *Bio Natuurlijk 5 - 6. Deel 3*. Mechelen: Wolters Plantyn.
- D'Haeninck, L., Cauwenberghs, P., & al, e. (2013). *Biogenie 4.2 leerboek*. Berchem: De Boeck.
- D'Haeninck, L., Dekeersmaeker, L., & al, e. (2009). *Biogenie 6.2 Deel 2. Leerboek*. Antwerpen: De Boeck.
- EuroWilson. (sd). *De ziekte van Wilson voor jongeren*. Opgehaald van Eurowilson: <http://www.eurowilson.org/nl/living/people/index.phtml>
- Genetica Nijmegen. (2010, april). *Genetica Nijmegen*. Opgehaald van Twitter: <https://twitter.com/geneticaumcn>
- Gostica. (2016, januari 4). *What Your Eye Color Says About You*. Opgehaald van Gostica: <http://gostica.com/spiritual-lifestyle/what-your-eye-color-says-about-you/>
- Hirst, K. (2015, maart 27). *Pea (Pisum sativum L.) Domestication - The history of peas and humans*. Opgehaald van About education: <http://archaeology.about.com/od/Domesticated-Plants/fl/Pea-Pisum-sativum-L-Domestication-The-History-of-Peas-and-Humans.htm>
- JustKiddingNews. (2015, mei 18). *A New Laser Eye Surgery Can Turn Your Brown Eyes Blue*. Opgehaald van Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=B_vv0l4pb40
- Kim. (sd). *Lone Frank*. Opgehaald van Maven Publishing: <http://www.mavenpublishing.nl/auteurs/lone-frank/>
- Le Soir. (2015). *Axel Witsel*. Opgehaald van Le Soir: http://portfolio.lesoir.be/v/sport/football/equipe_nationale/04-09-2014_belgique+australie/8971430_PhDoc2_PHOTONEWS_10489529-009_jp_ONBDM7GX.JPG.html
- Morph Thing. (sd). *Morph Thing*. Opgehaald van Morphthing: <http://www.morphthing.com/>
- Natuurinformatie. (sd). *Mendel: pionier van de genetica*. Opgehaald van Natuurinformatie: <http://www.natuurinformatie.nl/nnm.dossiers/natuurdatabase.nl/i004240.html>
- Nu.nl. (2014, december 31). *Doutzen Kroes houdt make-up het liefst simpel*. Opgehaald van Nu.nl: <http://www.nu.nl/lifestyle/3964439/doutzen-kroes-houdt-make-up-liefst-simpel.html>
- Project Revolver. (2016). *Florence and the Machine: Top 10 Songs*. Opgehaald van Project Revolver: <http://www.projectrevolver.org/genre/rock/florence-machine-top-10-songs/>

- Robertson, J. (2014, maart 31). *Emma Watson*. Opgehaald van Mirror:
<http://www.mirror.co.uk/3am/celebrity-news/emma-watson-reveals-secrets-bad-3304007>
- Rosetty. (sd). *Die verschiedenen Rassen und Farben der Meerschweinchen*. Opgehaald van Rosetty:
<http://rosetty.de/rasseundfarben.htm>
- Ruis, N. (sd). *Nieuws uit groep 1*. Opgehaald van Obsdeammers:
http://www.obsdeammers.nl/index.php?page=11§ion=4&class_id=32&page_id=30
- Schuermans, G., Barbez, D., & al, e. (2005). *Bio voor jou 6. Wetenschappelijke richtingen. Leerboek*.
 Wommelgem: Van Inn.
- Science all. (2015). *Images baby*. Opgehaald van Science all: <http://science-all.com/wallpapers/images-baby.html>
- Tuinadvies. (sd). *Mirabilis jalapa of nachtschone*. Opgehaald van Tuinadvies:
<http://www.tuinadvies.nl/tuinwinkel/product/2049>
- Tuinadvies. (sd). *Mirabilis jalapa of nachtschone*. Opgehaald van Tuinadvies:
<http://www.tuinadvies.be/tuinwinkel/product/2049>
- Van Lennep Kliniek. (sd). *Pigmentvlekken*. Opgehaald van Vanlennepkliniek:
<http://www.vanlennepkliniek.nl/behandelingen/pigmentvlekken/>
- Vestdijk, S. (sd). *Biologie Vestdijk. Mono- en dihybride kruisingen*. Opgehaald van Biologievestdijk:
<http://www.biologievestdijk.nl/files/opdrachtenhavo.htm>
- VIB. (sd). *Chromosomen*. Opgehaald van VIB: <http://www.vib.be/nl/biotech-basics/Pages/Chromosomen.aspx>
- VVKSO. (2002, september 1). *Leerplan secundair onderwijs wiskunde 2de graad ASO*. Opgehaald van vvkso-ict: <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Wiskunde-ASO-2002-047.pdf>
- Wageningenur. (2013, januari 14). *Nieuwe versie voerwaardeprijzen rundvee online*. Opgehaald van Wageningenur: <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Nieuwe-versie-Voederwaardeprijzen-Rundvee-online.htm>
- Walters, B. (2016). *Pisum sativum*. Opgehaald van Gobotany:
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/pisum/sativum/?pile=alternate-remaining-non-monocots>
- Warren Photographic Image Library of Nature and Pets. (sd). *White Guinea pig*. Opgehaald van Warrenphotographic.co: <http://www.warrenphotographic.co.uk/27883-white-guinea-pig>
- Warren Photography. (2015). *Tabby cat*. Opgehaald van Scratch:
<https://scratch.mit.edu/users/ed73476/>
- Zweifel. (2012, november 23). *Jewish Vs Roman Nose*. Opgehaald van Stormfront:
<https://www.stormfront.org/forum/t927402/>