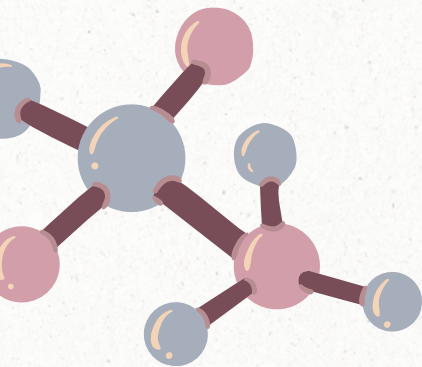




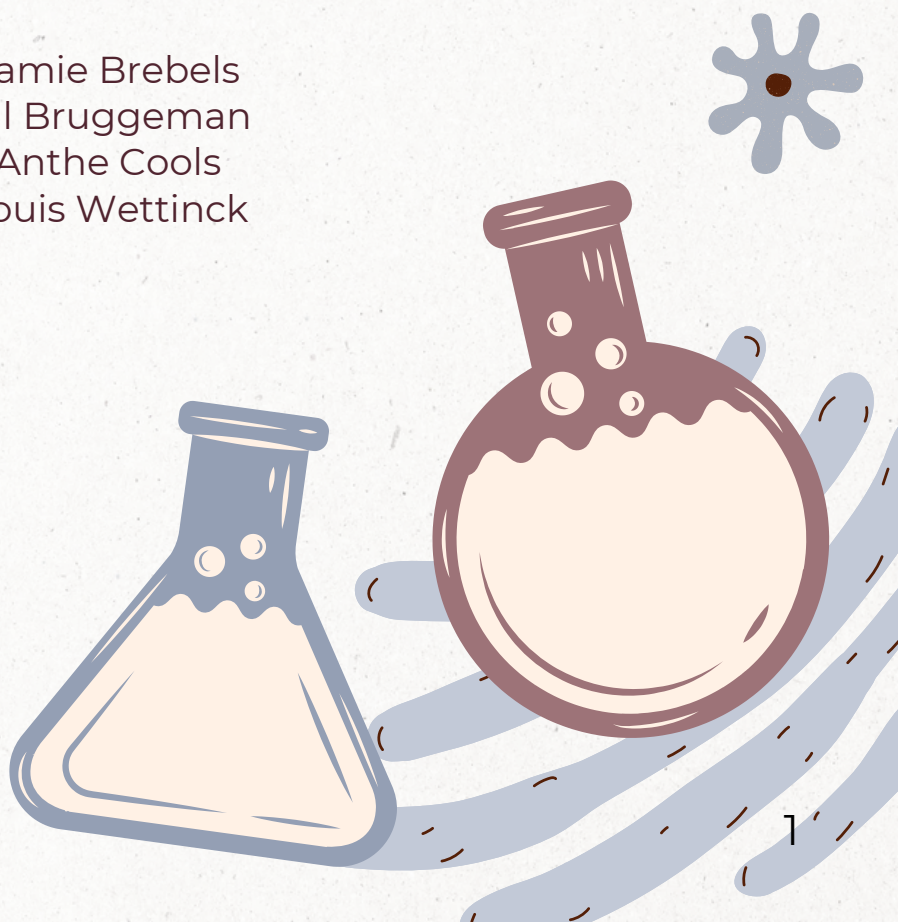
STEM PROJECT

**ONDERWERP:
TOEPASSINGEN VAN LINEAIRE
ALGEBRA IN GENETICA**

Jamie Brebels
Jill Bruggeman
Anthe Cools
Louis Wettinck



UCLL
HOGESCHOOL

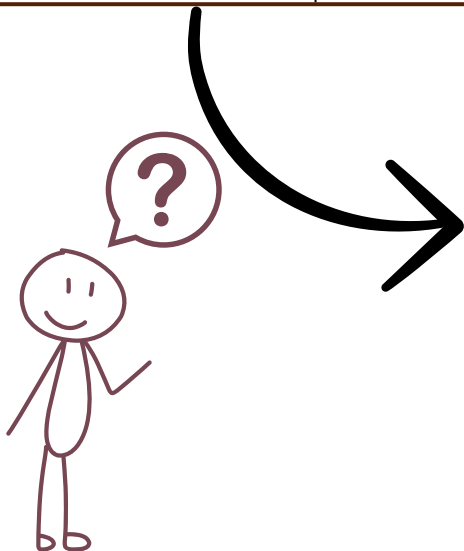




$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

IDENTITEITSKAART

Naam				
Oogkleur				
Haarkleur				
Geslacht				
Kleurenblindheid				
Bloedgroep	O	A	B	AB
Ik kan tongrollen	Ja		Nee	
Koriander	Mmhhh		leuwww	
Oorlel	Los		Vast	
PTC-papier	Bitter		Niet bitter	



Plaats hier een QR-code voor de leerlingen om online vragen te stellen.

Heb je vragen tijdens het project?

Stel ze online door de QR-code te scannen.



$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

SYMBOLLEN



Het inkleurmodel

Bij aanvang van elke les zie je het inkleurmodel, dat telkens iets anders is. Het model toont op welke vakken de nadruk ligt in deze les.

BI = biologie

WI = wiskunde

CH = chemie

IN = informatica

GEZ = gezondheidsopvoeding



GROEPSWERK



ONTDEK



OEFENINGEN



TIMER



PROEFJES



TIP / HINT



THEORIE



CONTROLE



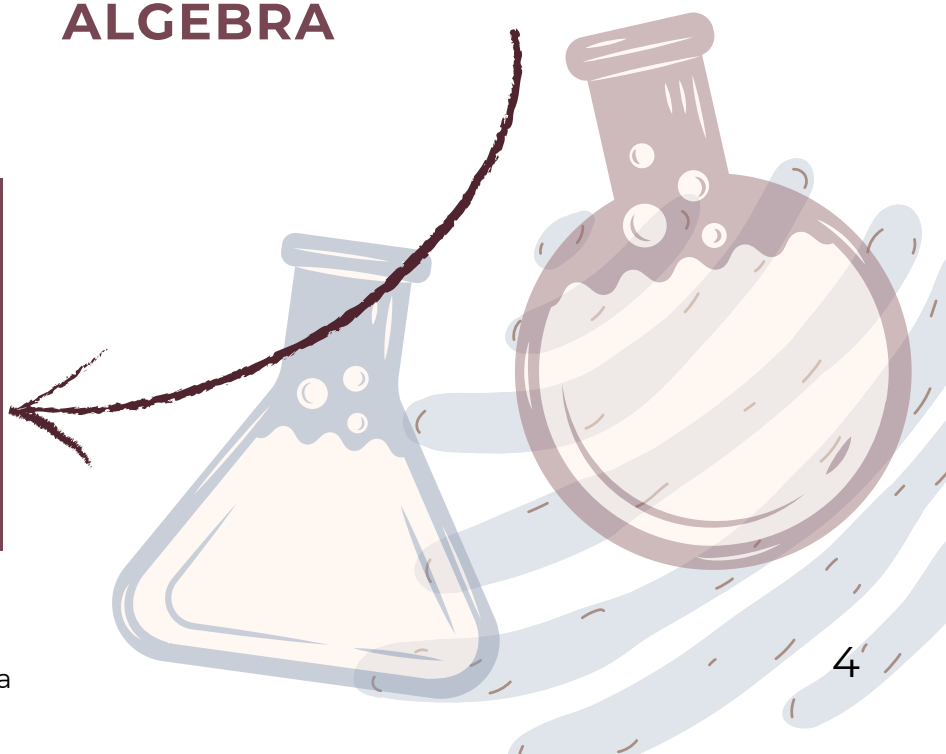


$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

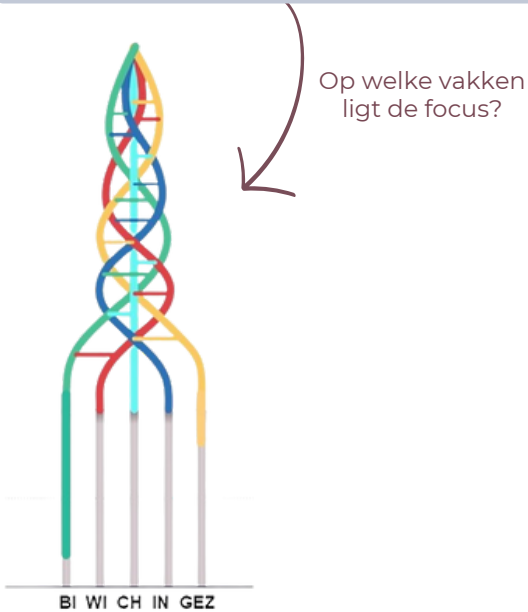
HOE UNLOCKT GENETICA DE GEHEIMEN VOOR EEN BETERE TOEKOMST?

MET BEHULP VAN LINEAIRE ALGEBRA

Plaats hier een QR-code van een Mentimeter met een woordenwolk en laat de leerlingen brainstormen over het onderwerp.



LES 1: HOEVEEL LIJKEN WE ECHT OP ELKAAR?



CONCEPTENMAP:

Biologie

- DNA-streng model
- soorten overerving
- chromosomen (celdeling)
- stamboom
- DNA-extractie (CHEMIE)



1.1 Hoekenwerk

Tijdens deze lessen zullen jullie twee verschillende hoekenwerken doorlopen. Elk hoekenwerk bestaat uit twee hoeken. Iedereen start met hoekenwerk 1 en nadien maakt iedereen hoekenwerk 2.

Hoekenwerk 1 (p. 6-10):

- Hoe is DNA opgebouwd?
- Wat zijn chromosomen en genen?

Hoekenwerk 2 (p. 11-14):

- Wat is de celdeling?
- Hoe kan je DNA extraheren uit een kiwi?



groepjes van 3 à 4 leerlingen



15 minuten per hoek

1.2 Stambomen

Na het hoekenwerk maken we klassikaal kennis met het concept stambomen.

- Wat is een stamboom?
- Hoe wordt een stamboom opgesteld?


$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

HOEKENWERK

1

HOEK 1: HOE IS DNA OPGEBOUWD?

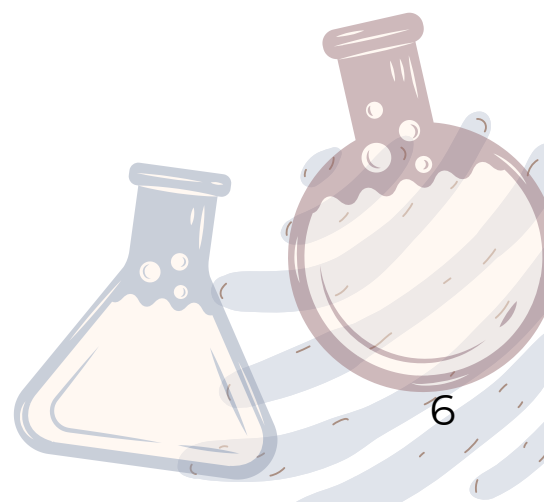
STAP 1: Bestudeer het DNA-model. (p.7)

STAP 2: Beantwoord de vragen. (p.8-9)

HOEK 2: WAT ZIJN CHROMOSOMEN EN GENEN?

STAP 1: Bekijk het filmpje en vul het schema aan. (p.10)

STAP 2: Vul het karyogram aan. (p.10)



HOEK 1: Hoe is DNA opgebouwd?



In deze hoek gaan we kijken hoe ons DNA (deoxyribonucleic acid), ons erfelijk materiaal is opgebouwd.

STAP 1: Bestudeer het DNA-model.



Bekijk het DNA-model dat op de tafel staat. Centraal vinden we een aantal gekleurde structuren terug, genaamd **nucleotiden**.

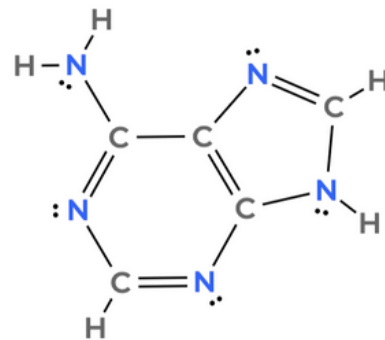
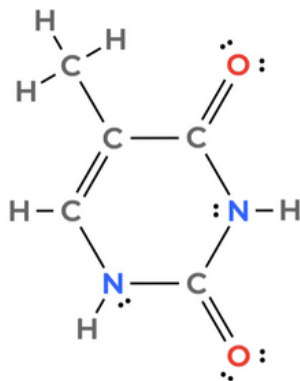
Wat valt je op aan deze nucleotiden?

- Er zijn _____ nucleotiden.
- De nucleotiden komen in _____ voor.

Hieronder zie je de verschillende nucleotiden, waaruit DNA is opgebouwd. Via welke **intermoleculaire kracht** blijven de nucleotiden in paren samen?

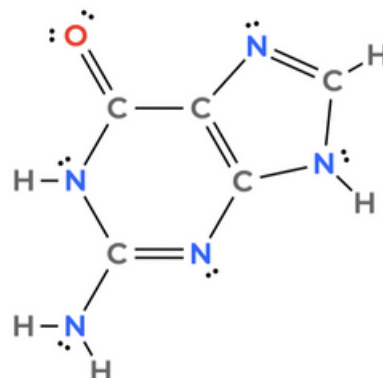
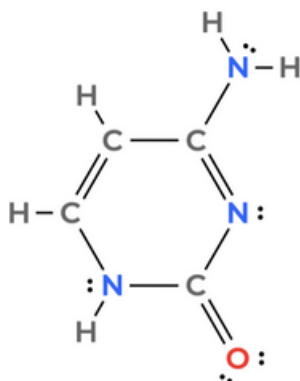
Teken de intermoleculaire kracht door de atomen die met elkaar reageren te verbinden met een stippellijn.

Thymine



Adenine

Cytosine



Guanine

STAP 2: Beantwoord de vragen.**Vul de volgende woorden in op de juiste plaats.**

dubbele	dubbelstreng	helix
rechtsdraaiende	streng	helix

DNA is een _____.

Elke kant van de _____, noemen we een _____,
daarom noemen we DNA ook wel een _____.

nucleotiden	paren
complementair	dubbelstreng

Het DNA is opgebouwd uit 4 _____, deze bevinden zich altijd
als _____ in de DNA- _____. Daarom noemen we
de strengen _____.

guanine	thymine	adenine
3 waterstofbruggen	cytosine	2 waterstofbruggen

_____ en _____ vormen een paar en zijn
verbonden door _____.

_____ en _____ vormen een paar en zijn
verbonden door _____.

moeder	vader
3.200.000 nucleotiden	2

Ons DNA bestaat voor 50% uit het DNA van onze _____ en 50%
uit het DNA van onze _____. In elke cel zit _____ meter DNA
deze bevat _____.

Vul volgende zinnen aan met hetzelfde of verschillend.

Broers en zussen hebben _____ DNA.

Een twee-eiige tweeling heeft _____ DNA.

Een eeneiige tweeling heeft _____ DNA.

Zijn de volgende stellingen juist of fout? Omcirkel het juiste antwoord en verklaar.

- 1** Elke jongen heeft het volledige DNA van de papa en elk meisje heeft het volledige DNA van de mama.



- 2** Alle nucleotiden kunnen met elkaar binden in DNA.



- 3** DNA is een rechtsdraaiende dubbele helix.



- 4** Als we één van beide strengen hebben kunnen we de andere streng maken.



- 5** Broers en zussen hebben verschillend DNA.





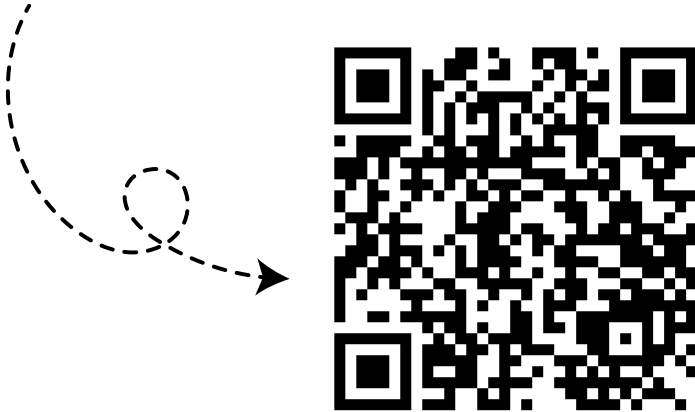
Klaar? Vraag de verbetersleutel aan de leerkracht.

HOEK 2: Wat zijn chromosomen en genen?



STAP 1: Bekijk het filmpje en vul het schema aan.

Op jullie bank ligt een schema waarop een aantal dingen ontbreken. Bekijk de video op YouTube en plaats de woorden en afbeeldingen op de juiste plaats.



In het filmpje spreken ze Engels, maar je kan Nederlandse ondertiteling opzetten.



Laat het schema controleren door de leerkracht.

STAP 2: Vul het karyogram aan.

Op de bank ligt ook een onafgewerkt karyogram en een aantal chromosomen. Vervolledig het karyogram.

Controleer het schema aan de hand van volgende website.



Maak een foto van het eindresultaat, dan kan je hier nadien altijd naar terugkijken.

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

HOEKENWERK

2

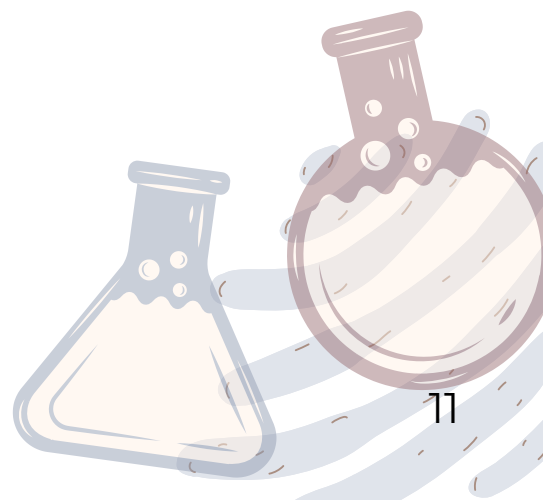
HOEK 1: WAT IS DE CELDELING?

STAP 1: Bekijk het filmpje en beantwoord de vragen. (p.12-13)

STAP 2: Vul het schema aan. (p.13)

HOEK 2: HOE KAN JE DNA EXTRAHEREN UIT EEN KIWI?

STAP 1: Voer het practicum uit. (p.14)

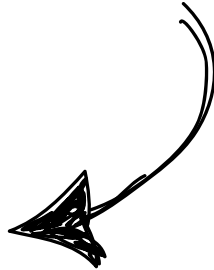


HOEK 1: Wat is de celdeling?



STAP 1: Bekijk het filmpje en beantwoord de vragen.

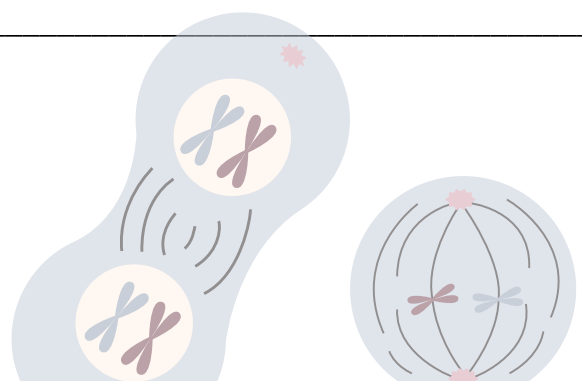
Bekijk het filmpje door de QR-code te scannen.



Wat is meiose en waarom is het belangrijk?

Hoe verschilt meiose van mitose?

Wat gebeurt er tijdens crossing-over en waarom is dit belangrijk?



Hoeveel dochtercellen worden er geproduceerd aan het einde van meiose en hoe verschillen deze van de oorspronkelijke cel?

Waarom zien broers en zussen er anders uit, ondanks dat ze dezelfde ouders hebben?



Klaar? Vraag de verbetersleutel aan de leerkracht.

STAP 2: Vul het schema van de meiose aan.

Vraag aan de leerkracht de enveloppe die bij deze opdracht hoort.

Hierin zitten allerlei kaartjes. De bedoeling is dat jullie de kaartjes in de juiste volgorde leggen op het bijhorende papier. Bij elke reeks afbeeldingen op dezelfde rij hoort een kaartje met tekst (voor en na elke pijl). Je kan het filmpje herbekijken als hulpmiddel.



Als alle kaartjes op de juiste plaats liggen, laat je het nakijken door de leerkracht.



Maak een foto van het eindresultaat, dan kan je hier nadien altijd naar terugkijken.



HOEK 2: Hoe kan je DNA extraheren uit een kiwi?



STAP 1: Voer het practicum uit.

Neem allemaal een practicumbundel, volg de instructies en voer het practicum zelfstandig uit. Vul alles zorgvuldig in.



Klaar? Geef de practicumbundel af aan de leerkracht. Deze wordt verbeterd en hier krijgen jullie een cijfer op.

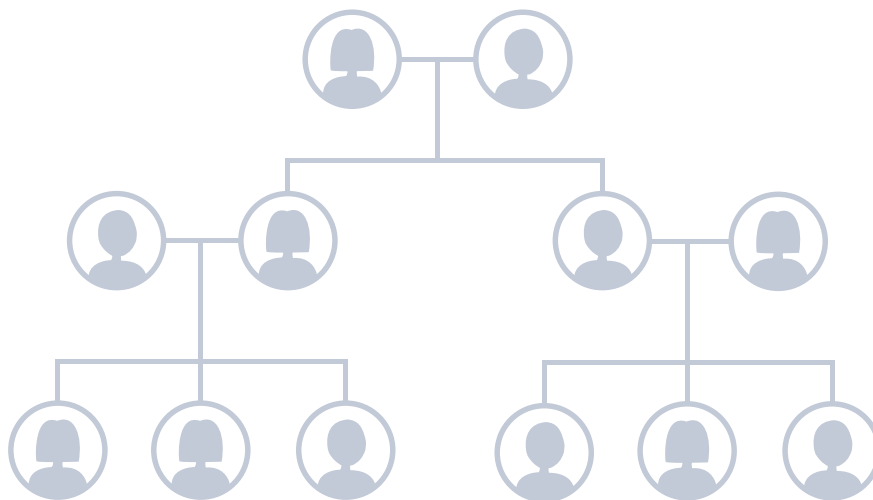
Er wordt verbeterd aan de hand van een rubric. Volgende onderdelen worden geëvalueerd:

1. Veiligheid 2. Nauwkeurigheid 3. Pipetteren 4. Maken preparaat 5. Gebruik lenzen	Onvoldoende (0)
	Voldoende (0,5)
	Goed (0,75)
	Uitmuntend (1)

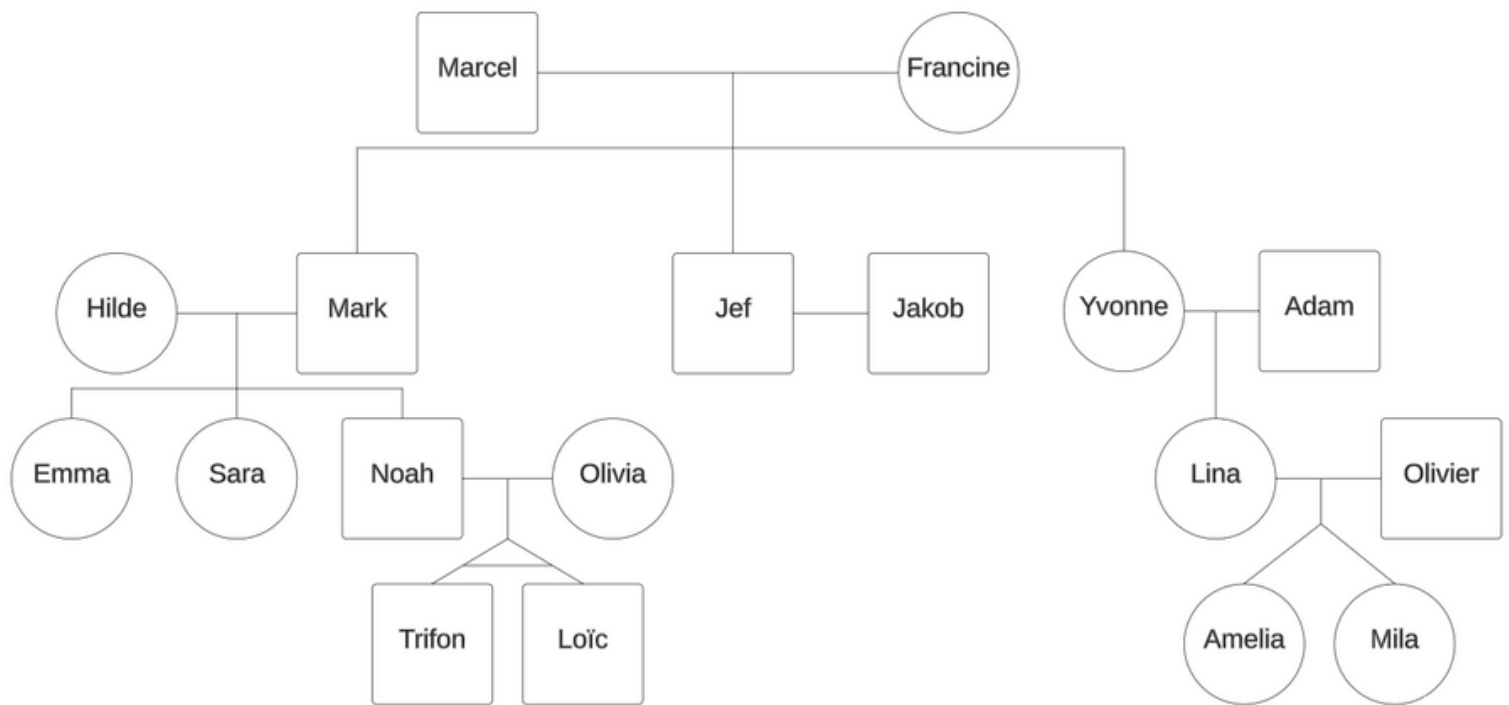
$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

STAMBOMEN

Wat is een stamboom?
Hoe wordt een stamboom opgesteld?

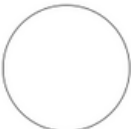
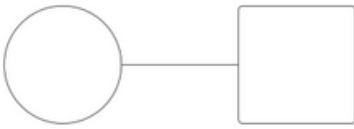
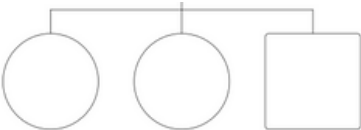
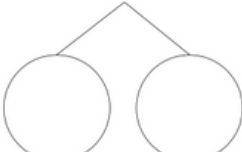


1.2 Stambomen



Legende

Vul de legende aan.

Symbol	Betekenis	Symbol	Betekenis
			
			
			

LES 2: HOE BEPALEN GENEN DE ERFELIJKE SPELREGELS?



Op welke vakken ligt de focus?

CONCEPTENMAP:

Biologie

- soorten overerving

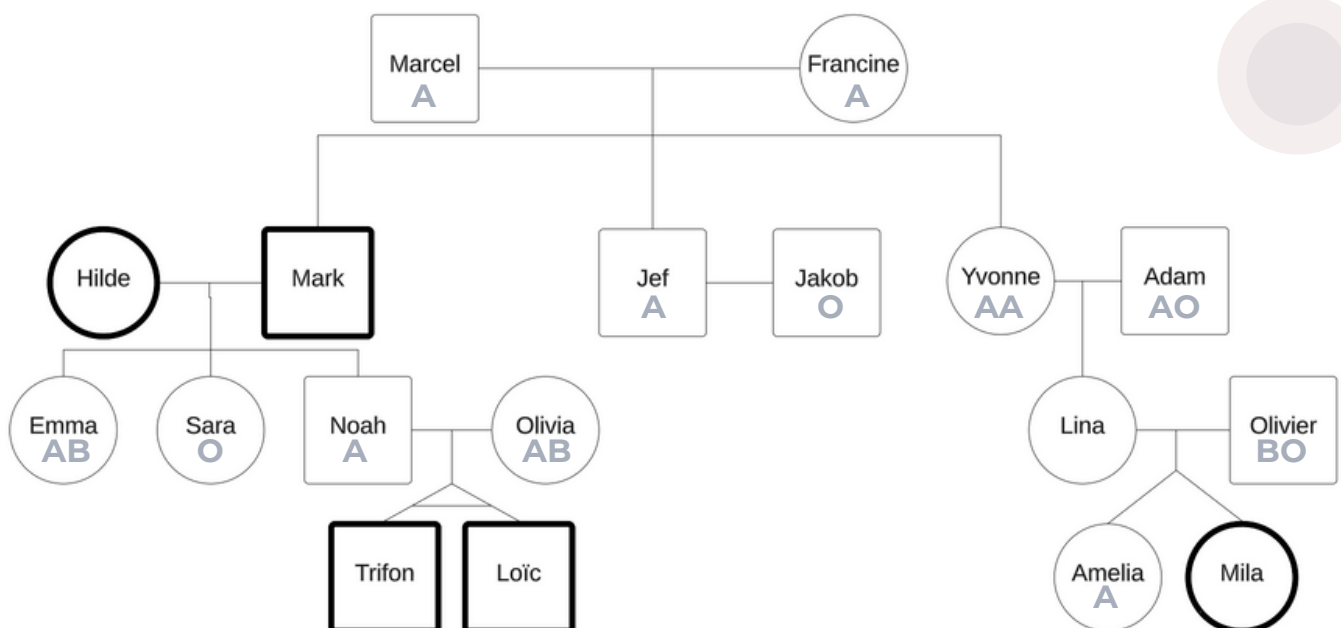
Wiskunde

- kansberekening
- combinatieschema
- stamboom



De familie Janssens gaat op een gevaarlijke reis. Noah moet hiervoor de bloedgroepen weten van de gehele familie. Van sommige mensen ontbreekt de bloedgroep, maar Noah durft dit niet te vragen. Kan jij Noah helpen om volgende vragen op te lossen?

- 1 Wat is het genotype van Hilde en Mark?
- 2 Hoeveel kans heeft Mila op de bloedgroep B?
- 3 Welke bloedgroepen kunnen Loïc en Trifon hebben en hoeveel kans hebben ze op elke bloedgroep?
- 4 Stel dat Loïc bloedgroep A heeft, wat is dan de kans op bloedgroep A bij Trifon?



2.1 Overervingsspel

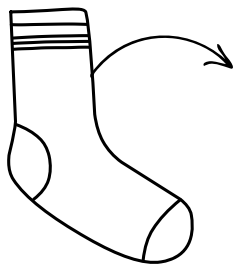


Genotype: _____

Dominant allel: _____

Recessief allel: _____

Fenotype: _____



aangetast allel (rood)



goed allel (groen)

Voer 30 trekkingen uit, waarbij je steeds beide een parel uit je eigen zakje haalt. Steek je parel na je trekking terug in je eigen zakje voor jullie een volgende trekking uitvoeren. Turf in de tabel hoeveel je van elke mogelijkheid tegenkomt.

- ☐ Mijn groepje doet het overervingsspel voor het dominant kenmerk.
☐ Mijn groepje doet het overervingsspel voor het recessief kenmerk.

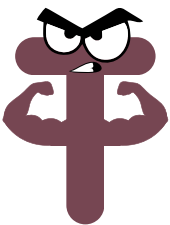
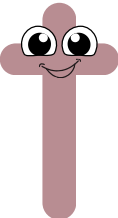
Fenotype			
Genotype	2 aangetaste allelen	1 aangetast en 1 goed allel	2 goede allelen
Turven			

Resultaten

	Dominant kenmerk	Recessief kenmerk
% ziek		
% gezond en drager	/	
% gezond		

2.2 Combinatieschema



	Dominant kenmerk	Recessief kenmerk
 Dominant allel	 Ziek	 Gezond
	 Ziek	 Gezond en drager
 Recessief allel	 Gezond	 Ziek

We gaan kijken naar 2 heterozygote ouders. Ze hebben dus beide genotype Aa.

Dominant kenmerk		Eigenschap individu (fenotype)	
		Gameet	Gameet
Eigenschap individu (fenotype)	Gameet		
	Gameet		

Recessief kenmerk		Eigenschap individu (fenotype)	
		Gameet	Gameet
Eigenschap individu (fenotype)	Gameet		
	Gameet		

Oefening met 2 kenmerken

Het hebben van een zwarte kleur is een dominant kenmerk bij kippen (aangeduid met Z of z), indien het kenmerk niet aanwezig is, is de kip wit. Het hebben van pluizige poten is een dominant kenmerk (aangeduid met P of p). Kip 1 is heterozygoot voor beide kenmerken. Kip 2 is homozygoot recessief voor beide kenmerken. Wat is het genotype en fenotype van beide kippen? Hoe gaan hun kuikens eruitzien en hoeveel kans is er op elk fenotype?

Kip 1

Genotype: **ZzPp**

Gameten: **ZP, Zp, zP, zp**

Fenotype: **zwarte kip met pluizige poten**

Kip 2

Genotype: **zzpp**

Gameten: **zp**

Fenotype: **witte kip zonder pluizige poten**

		Eigenschap individu (fenotype) zwarte kip met pluizige poten			
		Gameet ZP	Gameet Zp	Gameet zP	Gameet zp
Eigenschap individu (fenotype) witte kip zonder pluizige poten	Gameet zp	ZzPp	Zzpp	zzPp	zzpp

Zwarte kip met pluizige poten (ZzPp): $1/4 \rightarrow 25\%$

Zwarte kip zonder pluizige poten (Zzpp): $1/4 \rightarrow 25\%$

Witte kip met pluizige poten (zzPp): $1/4 \rightarrow 25\%$

Witte kip zonder pluizige poten (zzpp): $1/4 \rightarrow 25\%$

2.3 Oefeningen combinatieschema



Los de volgende oefeningen op.

1

Bart en Vera willen graag kinderen, maar Vera is homozygoot voor een recessieve ziekte en lijdt ook aan deze ziekte. Bart is heterozygoot voor deze ziekte. Lijdt Bart ook aan de ziekte? Hoeveel procent kans hebben Bart en Vera op een gezond kind, een ziek kind en op een kind die drager is voor de ziekte?

2

Bea en Pol zijn beide heterozygoot voor een dominante ziekte. Hebben Bea en Pol de ziekte? Hoeveel procent kans hebben ze op een ziek kind?

3

Planten hebben ook kenmerken die genetisch bepaald worden. Het hebben van een hartvormig blad is een recessief kenmerk (aangeduid met H of h), als het kenmerk niet aanwezig is, is het blad ovaal. Het hebben van roze stippen op het blad is ook een recessief kenmerk (aangeduid met R of r). Plant 1 heeft een hartvormig blad met roze stippen en plant 2 is heterozygoot voor beide kenmerken. Wat zijn de mogelijke genotypes en het bijhorende fenotype van hun nakomelingen? Hoeveel procent van hun nakomelingen zullen welk fenotype hebben?

Plant 1

Genotype: _____

Gameten: _____

Fenotype: _____

Plant 2

Genotype: _____

Gameten: _____

Fenotype: _____

4

Net als de mens en planten hebben dieren ook kenmerken die genetisch bepaald worden. Het hebben van witte vlekken is een dominant kenmerk (aangeduid met P of p). Het hebben van een gekrulde staart is een recessief kenmerk (aangeduid met Q of q). Een dier met genotype $PpQq$ paart met dier met genotype $Ppqq$. Wat is het fenotype van deze dieren?

Wat zijn de mogelijke genotypes en het bijhorende fenotype van hun nakomelingen? Hoeveel procent van hun nakomelingen zullen welk fenotype hebben?

Dier 1

Genotype: _____

Gameten: _____

Fenotype: _____

Dier 2

Genotype: _____

Gameten: _____

Fenotype: _____

2.4 Bloedgroepen



Bloedgroep (fenotype)	Mogelijke genotypes	

Bloed doneren

		Donor			
		A	B	AB	O
Acceptor	A				
	B				
	AB				
	O				

_____ is universele donor want kan aan iedereen geven.

_____ is universele acceptor want kan van iedereen krijgen.

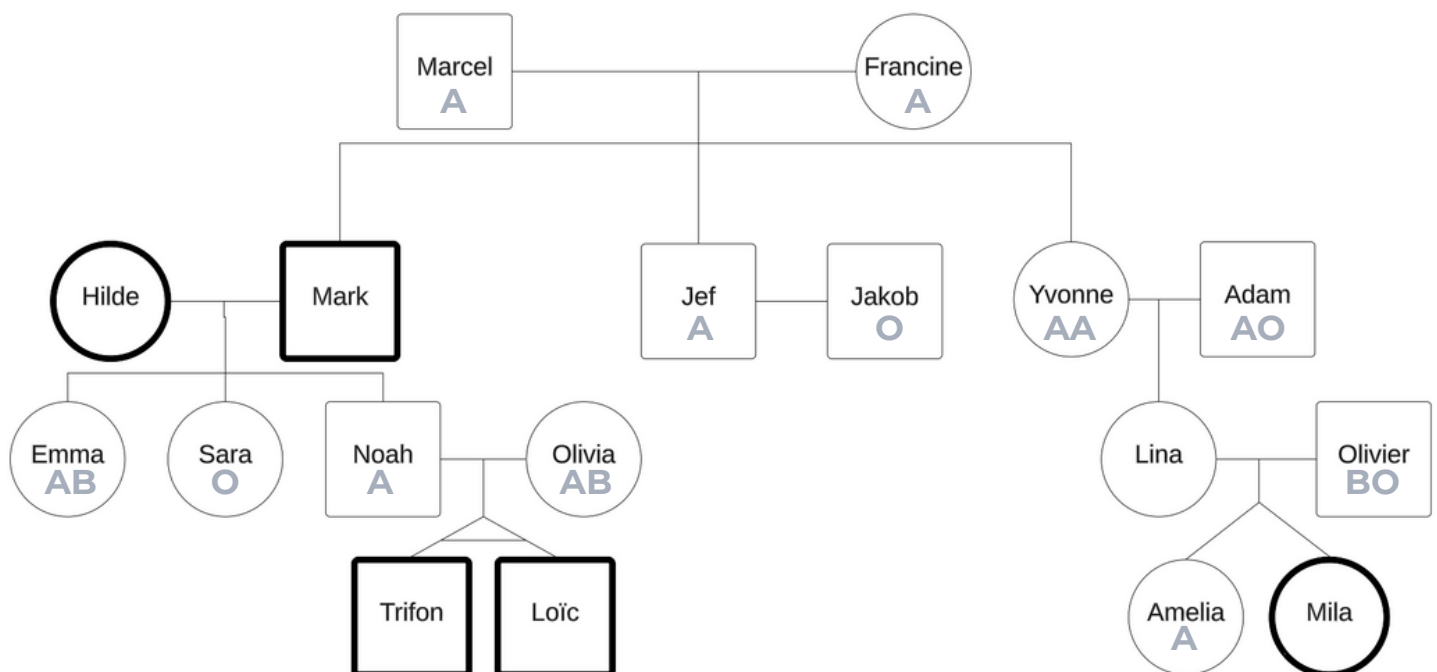
2.5 Oplossen beginvraagstuk



De familie Janssens gaat op een gevaarlijke reis. Noah moet hiervoor de bloedgroepen weten van de gehele familie. Van sommige mensen ontbreekt de bloedgroep, maar Noah durft dit niet te vragen.

Kan jij Noah helpen om volgende vragen op te lossen?

- 1 Wat is het genotype van Hilde en Mark?
- 2 Hoeveel kans heeft Mila op de bloedgroep B?
- 3 Welke bloedgroepen kunnen Loïc en Trifon hebben en hoeveel kans hebben ze op elke bloedgroep?
- 4 Stel dat Loïc bloedgroep A heeft, wat is dan de kans op bloedgroep A bij Trifon?



Noteer je bewerkingen op de volgende pagina.

Antwoorden:

1 Wat is het genotype van Hilde en Mark?

2 Hoeveel kans heeft Mila op de bloedgroep B?

3 Welke bloedgroepen kunnen Loïc en Trifon hebben en hoeveel kans hebben ze op elke bloedgroep?

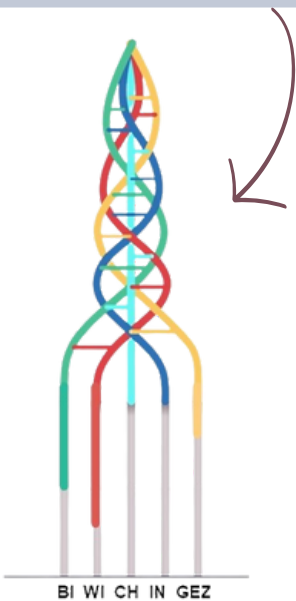
4 Stel dat Loïc bloedgroep A heeft, wat is dan de kans op bloedgroep A bij Trifon?

Bewerkingen:

Bewerkingen:

Bewerkingen:

LES 3: NA HOEVEEL JAAR STERVEN DE ANTILOPEN UIT DOOR DE ROOFDIEREN?



Op welke vakken ligt de focus?

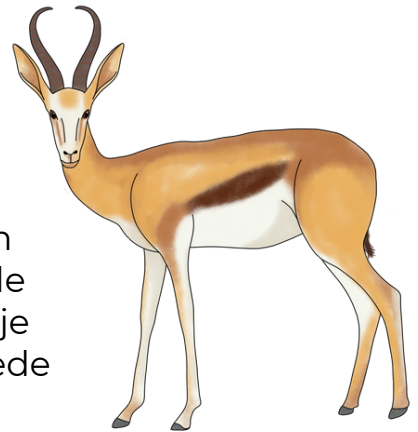
CONCEPTENMAP:

Wiskunde

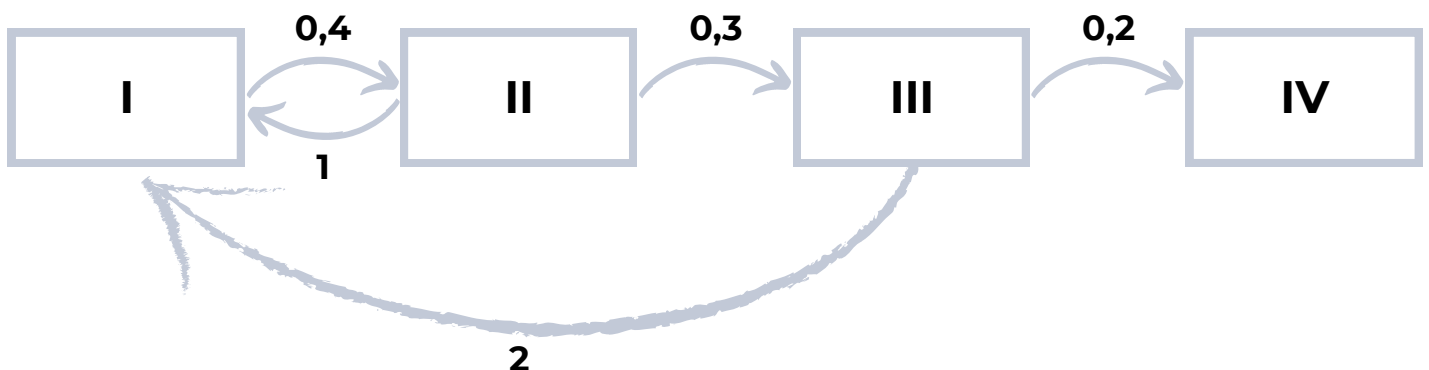
- rekenen met matrices visualiseren (materiaal)



Een kudde antilopen bestaat uit dieren van vier generaties. De generatieduur is ongeveer 5 jaar. Hun weidegebied is dichtbevolkt met roofdieren. Een bioloog heeft op basis van observaties een graaf opgesteld die de geboortecijfers en de overlevingskansen van de kudde antilopen weergeeft. Stel je voor dat de eerste generatie uit 100 dieren bestaat, de tweede uit 80, de derde uit 60 en de laatste uit 40.



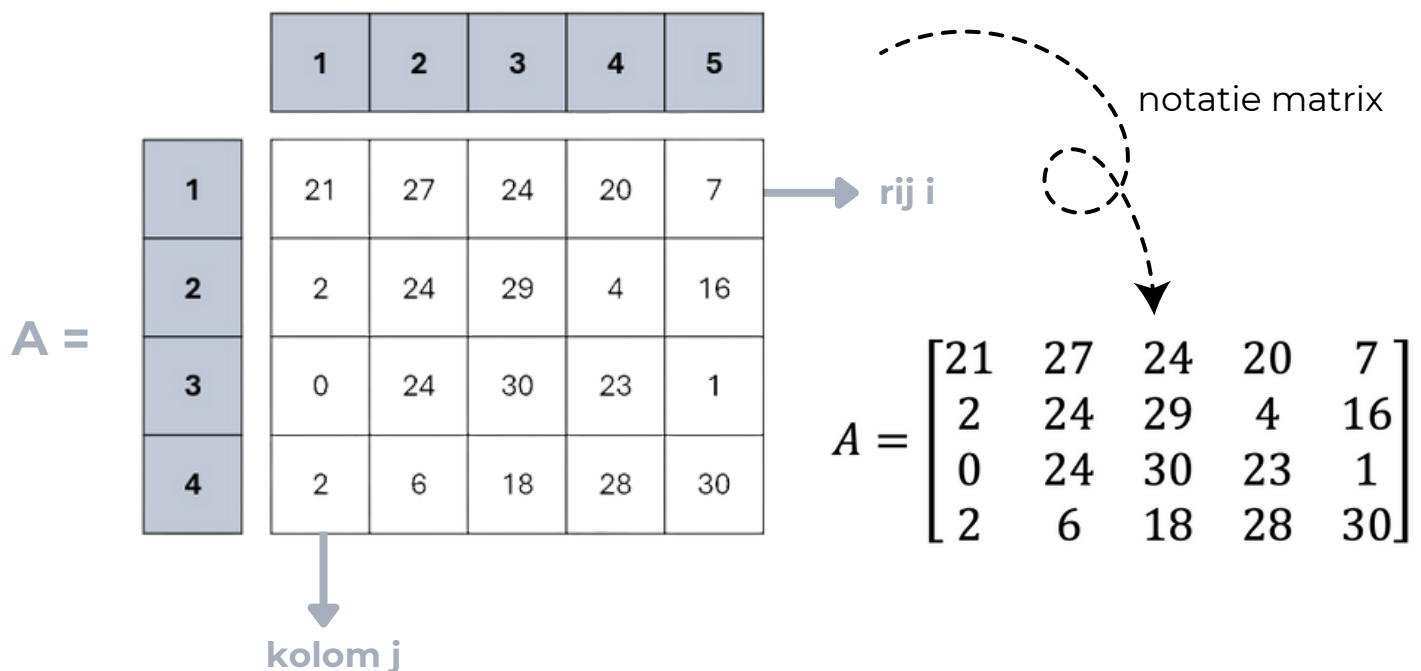
- 1 Na hoeveel jaar is de kudde uit dit model uitgestorven?
- 2 Na 15 jaar wordt er besloten om het aantal roofdieren in het leefgebied van de kudde antilopen zodanig te verminderen dat hun overlevingskansen verdubbelen. Onderzoek of het verdubbelen van de overlevingskansen het uitsterven van de kudde antilopen zal voorkomen.



3.1 Wat is een matrix?



Een matrix is een rechthoekige tabel van getallen, symbolen of andere elementen die zijn gerangschikt in rijen en kolommen. Een matrix stellen we voor met een hoofdletter.



De **dimensie** van een matrix geeft aan hoeveel rijen en kolommen de matrix heeft.

Deze matrix bevat 4 rijen en 5 kolommen. We zeggen dat de dimensie van de matrix 4 x 5 is.

Notatie: $\dim A = m \times n$ met m: aantal rijen en n: aantal kolommen

Voorbeeld: $\dim A = 4 \times 5$

De individuele getallen, symbolen of waarden in een matrix worden **elementen** genoemd. Elk element heeft een specifieke positie. Het getal op de tweede rij en de derde kolom noteren we als $a_{23} = 29$.

Notatie: a_{ij}

Een matrix met evenveel rijen als kolommen, noemen we een **vierkante matrix**. Een $n \times n$ - matrix, noemen we dan een matrix van de n-de orde.

$$D = \begin{bmatrix} 39 & 2 & 15 \\ 24 & 0 & 5 \\ 13 & 0,7 & 1 \end{bmatrix}$$

Voorbeeld: $\dim D = 3 \times 3$

3.2 Vermenigvuldigen met matrices



Los de volgende oefeningen op, gebruik de hulpkaart.

1 $\begin{bmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 0 & 5 & -3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square \\ \square \end{bmatrix}$

2 $\begin{bmatrix} 3 & -2 & 5 \\ 4 & 0 & 6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square \\ \square \end{bmatrix}$

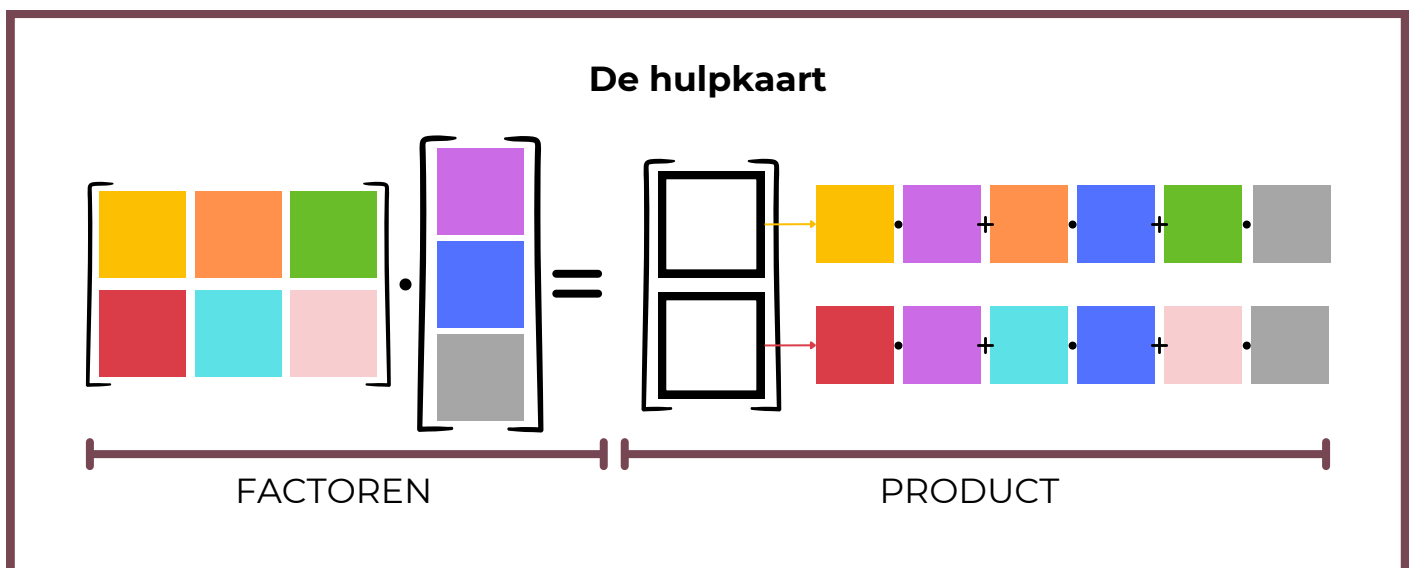
3 $\begin{bmatrix} 1 & -3 & 2 \\ -2 & 4 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square \\ \square \end{bmatrix}$

Noteer de dimensie van de factoren en het product.

Eerste factor: _____ x _____

Tweede factor: _____ x _____

Product: _____ x _____



De volgende matrices zijn gedeeltelijk opgelost. Los deze verder op en noteer steeds je bewerkingen.

Let op! De dimensies zijn niet hetzelfde als bij de vorige oefening. Gebruik de reeds ingevulde stukken om de oplossingsmethode te ontdekken.

1 $\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & -1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 1 & -1 \\ 14 & \square & \square \\ 10 & \square & \square \end{bmatrix}$

2 $\begin{bmatrix} 4 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & -1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 & 1 \\ \square & \square \end{bmatrix}$

3 $\begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 5 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 & 10 & 12 \\ 12 & \square & \square \\ -4 & \square & \square \end{bmatrix}$

4 $\begin{bmatrix} 4 & 3 & -2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square \end{bmatrix}$

5 $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -3 & 2 & -1 \\ -2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \square & 0 \\ \square & \square & \square \\ \square & \square & 0 \end{bmatrix}$

6 $\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 7 & 5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & -2 \\ -7 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square & \square \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Noteer je bewerkingen op de volgende pagina's.

Les 3: Na hoeveel jaar sterven de antilopen uit door de roofdieren?

Bewerkingen:

Les 3: Na hoeveel jaar sterven de antilopen uit door de roofdieren?

Bewerkingen:

Les 3: Na hoeveel jaar sterven de antilopen uit door de roofdieren?

Bewerkingen:



Wat valt je op als je de dimensie van de factoren vergelijkt met deze van het product?

Is het vermenigvuldigen van matrices commutatief? Test het uit!

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

1 $A \cdot B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} =$

2 $B \cdot A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} =$

Besluit: _____

3.3 Lesliematrix

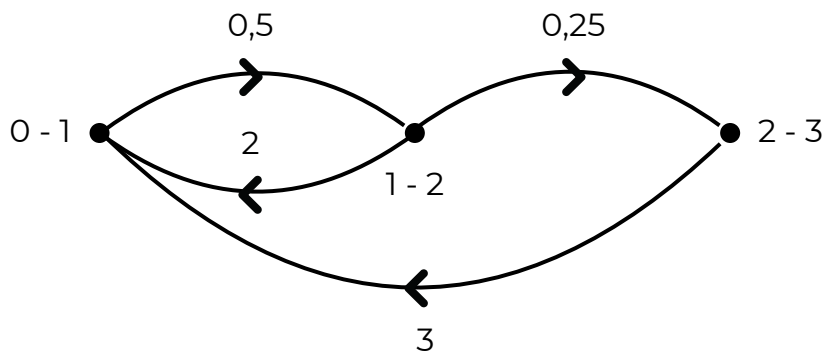


Een lesliematrix of populatiematrix kunnen we gebruiken om bij te houden hoeveel dieren of planten we hebben in een bepaalde groep of populatie.

Volgende begrippen zijn hierbij van belang:

- leeftijdsgroepen
- vruchtbaarheidscijfers
- overlevingskansen
- beginpopulatie

Voorbeeld evolutie insectensoort:



- 50% van de 0-jarigen wordt 1 jaar
- 25% van de 1-jarigen wordt 2 jaar
- geen enkel insect wordt 3 jaar
- in het tweede levensjaar produceert elk insect gemiddeld 2 nakomelingen en in het derde levensjaar gemiddeld 3 nakomelingen

$$\begin{array}{c}
 \text{VAN} \\
 \begin{array}{c}
 \text{1ste generatie} \quad \text{2de generatie} \quad \text{3de generatie} \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \\
 \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \\
 \boxed{} & \boxed{} & \boxed{}
 \end{array} \right]
 \end{array} \\
 \text{NAAR} \quad \begin{array}{c}
 \text{1ste generatie} \\
 \text{2de generatie} \\
 \text{3de generatie}
 \end{array}
 \end{array}
 = L$$

Vul de matrix aan met deze gegevens.

Als je wil weten wat de verdeling is na één generatie, moet je de lesliematrix vermenigvuldigen met de beginpopulatie. Stel je voor dat de beginpopulatie gelijk is aan:

$$X_0 = \begin{bmatrix} 100 \\ 50 \\ 20 \end{bmatrix}$$

Hoe ziet de verhouding er na één generatie uit?

$$X_1 = L \cdot X_0 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 \\ 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,25 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 100 \\ 50 \\ 20 \end{bmatrix} =$$

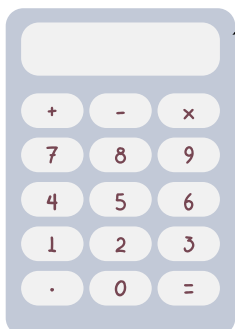
Hoe ziet de verhouding er na twee generaties uit?

$$X_2 = L \cdot X_1 =$$

3.4 Bookwidgets (webquest)



Plaats hier de QR-code voor de bookwidget.



Je kan deze online tool gebruiken om de matrices uit te rekenen:

<https://matrixcalc.org>

LES 4: HOE KAN INFORMATICA DE ANALYSE VAN DNA VERSNELLEN?



Op welke vakken
ligt de focus?

CONCEPTENMAP:

Wiskunde

- populatiegenetica en Lesliematrix

Informatica

- vergelijking genetische code met computercode
- programma voor rekenen met matrices



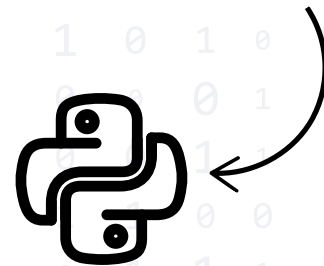
We hebben vorige les onderzocht hoe we de evolutie van een populatie algebraïsch kunnen berekenen.

Welk probleem treffen we aan als we de veranderingen in een populatie over een periode van 100 jaar willen analyseren?

4.1 Leren programmeren



Surf naar www.online-python.com. Dit is het platform waarmee we telkens de oefeningen programmeren.



Print

De print-functie is één van de belangrijkste functies bij het programmeren. Deze functie zorgt ervoor dat je programma data of uitkomsten kan weergeven. Indien je een stuk tekst wil weergeven, dan maak je gebruik van aanhalingstekens (" ").

- `print(...)` → een waarde of tekst weergeven

Oefening

Stel jezelf voor door je naam en klas met de print-functie weer te geven.

Je gebruikt volle zinnen en de naam en klas staan op een andere regel.

Datatypes

Binnen Python worden waarden verdeelt onder datatypes. De drie voornaamste zijn:

- `string` = _____
- `integer` = _____
- `float` = _____

Bij de volgende oefening zal je verschillende datatypes moeten combineren. Hiervoor zal je dan een bepaalde datatype moeten omzetten naar een andere. Dit doe je met behulp van volgende functies:

- `str(...)` → omzetten naar een string
- `int(...)` → omzetten naar een integer
- `float(...)` → omzetten naar een float (**kommagetal**)

Variabelen

Variabelen kennen jullie vanuit de wiskunde lessen (denk aan $x = \dots$). Ook bij het programmeren kunnen we een waarde toekennen aan een variabele. Je kan deze variabelen elke naam geven die je wilt, dus kies een logische naam.

Let goed op: variabelen zijn hoofdlettergevoelig! (a en A zijn niet hetzelfde)

- `x = ...` → een waarde aan een variabele toekennen

Oefening

Maak een programma die de zin "Ik ben ... jaar oud" weergeeft. Je vult hier jouw leeftijd in door gebruik te maken van een variabele.

For-lus

De for-lus is een functie om een bepaald stuk code meerdere keren uit te voeren.

- *for i in range(a,b):* → Deze code herhaalt iets meerdere keren, telkens met een getal dat oploopt. Het begint bij het eerste getal en stopt vlak vóór het tweede.

Bij het voorbeeld "*for i in range(1,10):*" zal de code negen keer herhaald worden, waarbij *i* de waarde 1 tot 9 aanneemt.

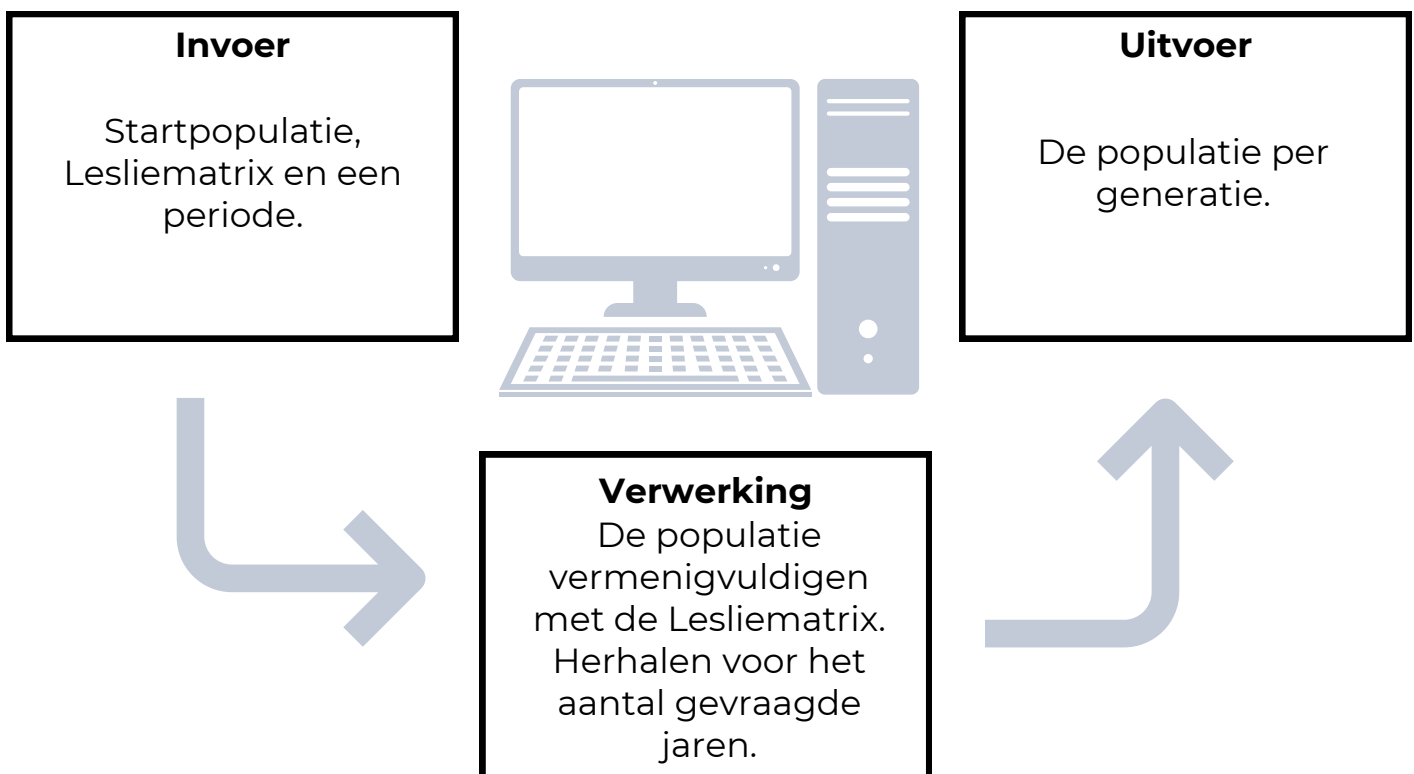
Oefening

Schrijf een programma dat de som van alle getallen van 1 tot 100 berekent en weergeeft.

4.2 Lesliematrix-rekenmachine



Binnen een computersysteem wordt er gewerkt met invoer, verwerking en uitvoer. Ook voor het schrijven van een computercode werken we met hetzelfde principe.



We vertrekken vanuit een voorbeeld. We beschouwen volgende Lesliematrix en beginpopulatie.

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,2 \\ 0,4 & 0 & 0 \\ 0 & 0,3 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{en} \quad X_0 = \begin{bmatrix} 50 \\ 40 \\ 30 \end{bmatrix}$$

Let op:
Binnen Python
gebruik je een '.'
voor kommagetallen.

Invoer

Om een matrix in te voeren, gebruik je vierkante haken (`[]`). Binnen 'Python' noemen we dit een **lijst**. Wanneer je een matrix met één kolom wil invoeren, kan je dat doen door komma's te gebruiken om het onderscheid te maken tussen elk element.

Bij een matrix van meerdere kolommen maak je gebruik van lijsten binnen een lijst. Elke lijst stelt dan een rij van de matrix voor.

voorbeeld:

1	<code>matrix = [</code>		
2	<code> [1, 2, 3],</code>		
3	<code> [4, 5, 6],</code>	<code>=</code>	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$
4	<code> [7, 8, 9]</code>		
5	<code>]</code>		

Verwerking

Binnen Python kunnen we met **packages** werken. Dit zijn hulppakketten die we kunnen gebruiken om bepaalde stukken code te versimpelen. In deze code gaan we werken met 'numpy' om de matrixvermenigvuldiging te versimpelen.

Wanneer we een matrixvermenigvuldiging willen uitvoeren, starten we de code met **`np.matmul()`**.

Tussen de haakjes zetten we de matrices die we willen vermenigvuldigen.

Uitvoeren

Wat gebeurt er als we het programma laten runnen? Hoe komt dat?

We hebben nu een code geprogrammeerd voor de populatie na één generatie te bepalen. Om dit voor meerdere generaties te doen gaan we gebruik maken van een for-lus.

Rekenmachine gebruiken

Neem terug een kijkje naar het voorbeeld. Vanaf welke generatie bevat er een leeftijdsklasse meer dan 100 individuen?

Vanaf welke generatie bevat er een leeftijdsklasse meer dan 500 individuen?

Geziena code

Code	Betekenis
<code>print(...)</code>	Een waarde of tekst weergeven
<code>#...</code>	De tekst die je hierachter typt heeft geen invloed op je code. Je kan dit dus gebruiken om notities te maken in je code, zonder dat je programma wordt aangepast.
<code>str(...)</code>	Data omzetten naar een string. (tekst)
<code>int(...)</code>	Data omzetten naar een integer. (geheel getal)
<code>float(...)</code>	Data omzetten naar een float. (kommagetal)
<code>x = ...</code>	Een waarde aan een variabele toekennen.
<code>for i in range(a,b):</code>	Deze code herhaalt iets meerdere keren, telkens met een getal dat oploopt. Het begint bij het eerste getal en stopt vlak vóór het tweede.
<code>[a, b, c]</code>	Een lijst opstellen. In dit geval nodig voor het opstellen van matrices.
<code>Import ... as ...</code>	Een package importeren in je code.

4.2 Oefeningen



Los de volgende oefeningen op, gebruik hiervoor je geschreven code.

- 1** Beschouw volgende populatie die voorgesteld wordt door volgende Lesliematrix:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,3 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{en} \quad X_0 = \begin{bmatrix} 40 \\ 20 \\ 10 \end{bmatrix}$$

- 1** Bereken de populatie na één, twee en drie generaties.

- 2** Wat gebeurt er met de populatie als je deze over een lange termijn bekijkt?

- 3** Verdubbel je beginpopulatie en berekenen het aantal individuen per leeftijdsklasse na 2, 3 generaties en 4 generaties. Wat valt je op als je deze vergelijkt met het aantal individuen per leeftijdsklasse die je verkreeg bij de originele beginpopulatie na 2, 3 en 4 generaties?

2

Beschouw volgende populatie die voorgesteld wordt door volgende Lesliematrix:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 10 & 20 \\ 0,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{en} \quad X_0 = \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

1 Bereken de populatie na tien generaties.

2 Na hoeveel generaties zal een van de leeftijdsklassen 100.000 individuen bevatten? Hoe ziet die populatie er op dat moment uit?

3 Verander de waarde van de eerste leeftijdsklasse naar 0. Zal deze populatie uitsterven of niet?

4.3 Verband tussen DNA en computercode



Vervolledig volgende tabel.

Kenmerk	DNA	Computercode
Bouwstenen		
Functie		
Structuur		
Codering		
Taal		
Mutaties/bugs		

Enkele denkvragen

- 1 Waarom heeft een verandering van één nucleotide in DNA of één cijfer in een computer code soms grote gevolgen en soms geen gevolgen.

- 2** Stel dat je een fout maakt in je code, wat doe je om die fouten te vinden en op te verbeteren? Zou er iets gelijksaardig gebeuren in je lichaam als er fout in je DNA zit?

Toepassing

Lees het artikel door de QR-code te scannen en beantwoord de vragen.



**Nobelprijs voor Chemie gaat naar
wetenschappers die "code kraken" van
eiwitstructuren in ons lichaam.**

- 1** In het artikel wordt beschreven hoe kunstmatige intelligentie helpt bij het voorspellen van eiwitstructuren. Hoe zou AI kunnen helpen bij het ontcijferen van de genetische code in DNA?

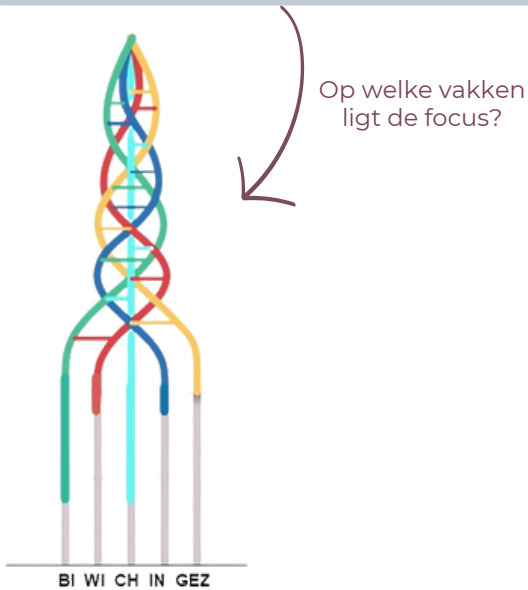
- 2** De onderzoekers in het artikel gebruiken computermodellen om de structuur van eiwitten te begrijpen. Wat zou het betekenen als de "code" van een eiwit verkeerd wordt geïnterpreteerd, net zoals een fout in de computercode?

- 3** Wat zou het effect kunnen zijn als AI zou helpen bij het "herprogrammeren" van de genetische code in ons DNA om bepaalde eigenschappen te verbeteren, zoals bij genetische therapieën?

- 4** In het artikel wordt uitgelegd dat wetenschappers met computertools nieuwe eiwitten kunnen ontwerpen. Hoe denk je dat het ontwerpen van eiwitten met AI verschilt van de natuurlijke manier waarop DNA eiwitten in het lichaam produceert?

- 5** Het artikel suggereert dat AI in de toekomst meer wetenschappelijke vooruitgangen kan helpen realiseren. Hoe denk je dat AI het begrip van DNA in de toekomst kan verbeteren, vooral op het gebied van genetische engineering en medicijnen?

LES 5: WIE HEEFT CARYO VERMOORD?



CONCEPTENMAP:

Biologie

- soorten overerving
- chromosomen (celdeling)
- gelelektroforese (**CHEMIE**)
- stamboom



Wiskunde

- rekenen met matrices visualiseren
- kansberekening
- vierkant van Punnett

Gezondheidsopvoeding

- smaak koriander

5.1 Samenvattend spel



Caryo is vermoord en het forensisch team heeft verschillende DNA-sporen gevonden. Jullie zijn de onderzoekers die de moordenaar moeten vinden door verschillende puzzels op te lossen over de leerstof van de voorbije lessen. Elke puzzel geeft jullie een eigenschap van de dader. Op basis van deze hints kunnen jullie telkens één of meerdere verdachten schrappen van deze lijst.

Uiteindelijk blijft er één verdachte over, dat is de moordenaar van Caryo.

Jullie spelen dit spel in groepen. De groep die als eerste de moordenaar kan vinden, wint.



5.2 Verdachtenlijst

VERDACHTE 1 ☐ krullend haar ☐ blauwe ogen ☐ bloedgroep A ☐ kan tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft sproeten	VERDACHTE 2 ☐ steil haar ☐ groene ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft sproeten	VERDACHTE 3 ☐ krullend haar ☐ groene ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust geen koriander ☐ heeft geen sproeten
VERDACHTE 4 ☐ krullend haar ☐ bruine ogen ☐ bloedgroep O ☐ kan niet tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft geen sproeten	VERDACHTE 5 ☐ krullend haar ☐ bruine ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft sproeten	VERDACHTE 6 ☐ krullend haar ☐ groene ogen ☐ bloedgroep A ☐ kan tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft geen sproeten
VERDACHTE 7 ☐ krullend haar ☐ groene ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft geen sproeten	VERDACHTE 8 ☐ steil haar ☐ blauwe ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust geen koriander ☐ heeft geen sproeten	VERDACHTE 9 ☐ krullend haar ☐ groene ogen ☐ bloedgroep AB ☐ kan niet tongrollen ☐ lust koriander ☐ heeft sproeten

Opdracht 1: celdeling



Op de plaats delict zijn cellen gevonden die in verschillende stadia van celdeling zijn. De juiste volgorde onthult een code die leidt naar een hint over de moordenaar.



Vraag map 1 aan de leerkracht. Leg de afbeeldingen van de meiotische celdeling in de juiste volgorde. Noteer de cijfercombinatie van de achterkant van de kaartjes in volgorde van begin tot einde. Toon de combinatie aan de leerkracht. Bij een juiste combinatie ontvangen jullie een hint.

Hint: _____

Opdracht 2: stamboom + combinatieschema



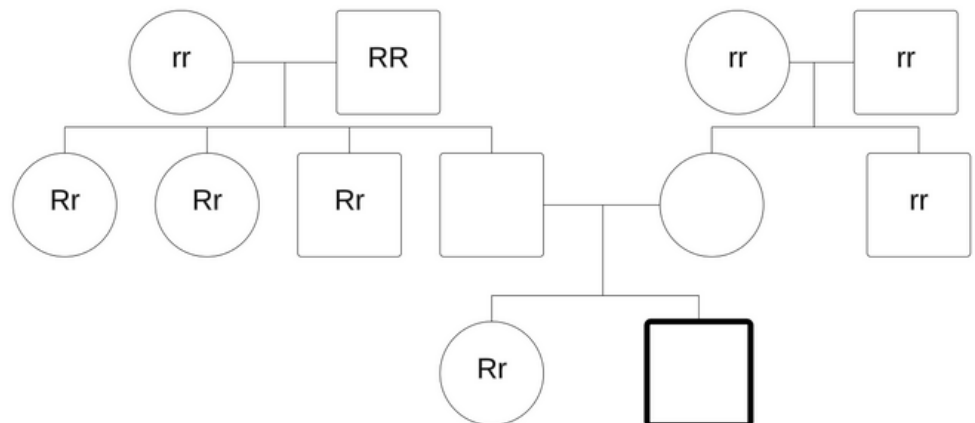
De moordenaar komt uit een familie waarbij er zowel familieleden kunnen tongrollen, als dit niet kunnen. Jullie moeten bepalen of de dader dit kan of niet.



Bekijk de stamboom. Deze stamboom geeft aan wie in de familie kan tongrollen en wie niet. Tongrollen is een dominant kenmerk. Vul de ontbrekende vakjes in door gebruik te maken van het combinatieschema. Kleur op de stamboom de vakjes in van de personen die kunnen tongrollen. Het vakje met de dikke rand is de moordenaar van Caryo. Zoek uit of deze kan tongrollen of niet. Gevonden? Dan kan je een aantal personen schrappen van de verdachtenlijst.



Op het einde zal je twee opties uitkomen. Vul de optie in die je niet bij de zus terugvindt.



Hint: _____

Opdracht 3: combinatieschema + kansberekening



Op de plaats delict is een bloedvlek gevonden. Het forensisch team heeft vastgesteld dat de bloedgroep van de vlek niet overeenkomt met het slachtoffer en dus van de dader moet zijn.



Jullie krijgen drie oefeningen waarbij jullie het combinatieschema moeten invullen om de mogelijke bloedgroep van de moordenaar te bepalen. Jullie krijgen bij elke oefening de bloedgroep van de moeder en de bloedgroep van de vader. Jullie berekenen telkens hoeveel procent kans er is op elke bloedgroep bij de kinderen. De bloedgroep waarop het meest kans is (bij de drie oefeningen samen) is de bloedgroep van de dader.

- 1 De moeder heeft bloedgroep AB en vader heeft bloedgroep O.
- 2 De moeder heeft bloedgroep AB en vader heeft bloedgroep A.
- 3 De moeder heeft bloedgroep A en vader heeft bloedgroep B.

Hint: _____



Manier 1: Schrijf eerst alle combinatieschema's uit. Tel nadien hoe vaak elke bloedgroep voorkomt. Bekijk welke bloedgroep het meeste voorkomt.

Manier 2: Bereken per combinatieschema hoeveel procent kans er is op een bloedgroep. Tel op het einde de procenten samen en kijk welke bloedgroep het meeste voorkomt.

Opdracht 4: kruiswoordpuzzel



Tijdens het onderzoek heeft het forensisch team een geheim dagboek van de moordenaar gevonden. Dit dagboek bevat verschillende gecodeerde berichten en puzzels. Om deze berichten te ontcijferen en belangrijke aanwijzingen te vinden, moeten jullie een kruiswoordpuzzel oplossen. Elk correct ingevuld woord onthult een stukje van de code die leidt naar een nieuwe tip over de moordenaar.



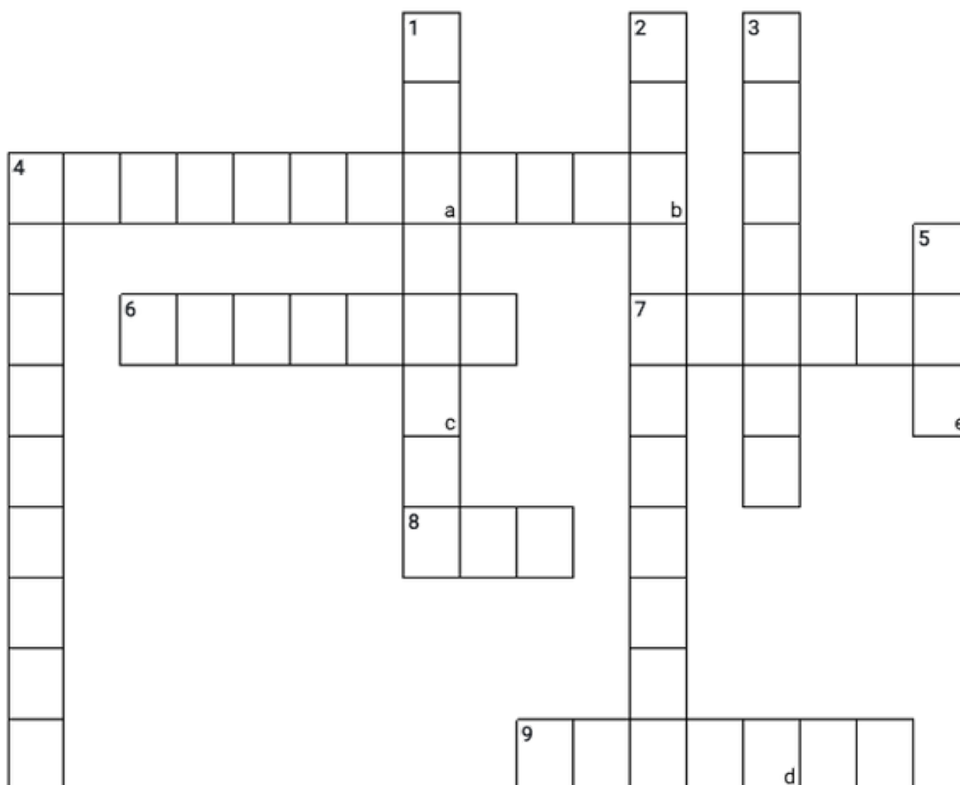
Vul de kruiswoordpuzzel in. De oplossing onderaan is de tip over de moordenaar.

Horizontaal

- 4** Chromosomen wisselen stukjes DNA uit
- 6** Chromosomen zitten in de ...
- 7** Celdeling die resulteert in vier dochtercellen
- 8** Wat is de afkorting van desoxyribonucleic acid?
- 9** Diagram om bepaalde kruising te voorspellen

Verticaal

- 1** DNA past in de celkern omdat het is ...
- 2** Structuren die genetische informatie dragen
- 3** De basen in DNA zijn adenine, cytosine, guanine en ...
- 4** Proces waarbij een cel zich deelt in twee dochtercellen
- 5** Een stukje DNA



Oplossing

a	b	c	d	e	d	c	a	d	e
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Hint: _____

Opdracht 5: matrices



Het forensisch team heeft een complex patroon van voetafdrukken gevonden op de plaats delict. Deze voetafdrukken vormen een matrix die de bewegingen van de moordenaar weergeeft. Om de exacte route van de moordenaar te achterhalen, moeten jullie de matrices vermenigvuldigen. Dit zal jullie helpen om de juiste volgorde van de voetafdrukken te bepalen en zo een belangrijke tip te krijgen over de identiteit van de moordenaar.



Vermenigvuldig onderstaande matrices.

Klaar? Laat de oplossing controleren door de leerkracht. Als het juist is krijgen jullie een hint die jullie een stapje dichtert brengt bij de moordenaar.

$$\text{1} \quad \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -2 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{2} \quad \begin{bmatrix} -2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -2 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Hint: _____

Opdracht 6: gelelektroforese + DNA-analyse



Het forensisch team heeft verschillende DNA-sporen gevonden op de plaats delict. Om deze sporen te analyseren en te vergelijken met de DNA-profielen van de verdachten, moeten jullie een gelelektroforese uitvoeren. Deze techniek helpt om de DNA-fragmenten te scheiden en te visualiseren, zodat jullie kunnen bepalen welke verdachte overeenkomt met het gevonden DNA.



Voer een gelelektroforese uit. Gelukt? Vraag dan de enveloppe met opdracht hierover aan de leerkracht.

Hint: _____

5.3 Wie is de moordenaar?

Weten jullie wie de moordenaar is? Vul onderstaande zin aan en laat het controleren door de leerkracht.



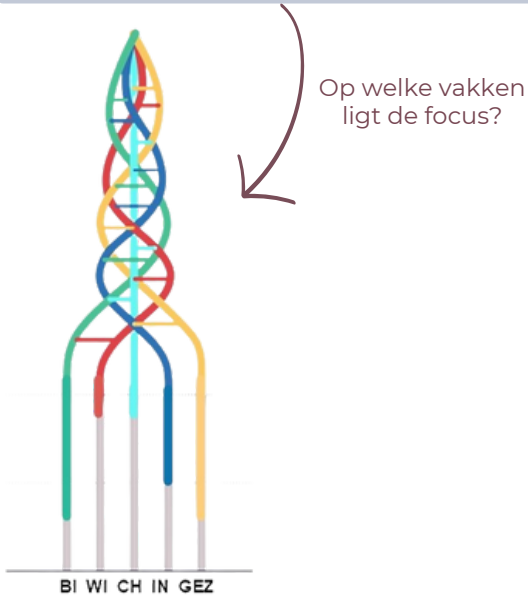
De moordenaar is
verdachte nummer

WANTED



Roep het antwoord niet doorheen de klas. Als het fout zou zijn dan weten de andere groepen ook al welke het zeker niet is.

LES 6: KUNNEN WE ONS KIND BESTELLEN?



CONCEPTENMAP:

Ethiek

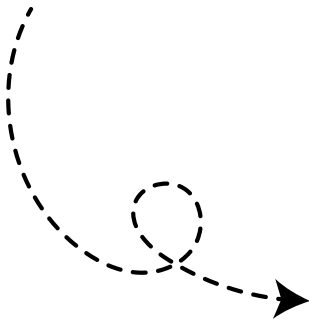
- klonen
- genetische manipulatie
- PGT

6.1 Je eigen kind bestellen



Wat als je je eigen kind kon samenstellen? Hoe zou je kind eruit zien? Welke kleur ogen zou het hebben? Wat zou het geslacht zijn? Wat voor karakter zou je kind hebben?

Je mag je kind nu zelf samenstellen!



Plaats hier een QR-code voor de leerlingen met een online invulformulier waarbij ze een eigen kind kunnen samenstellen



6.2 Debat



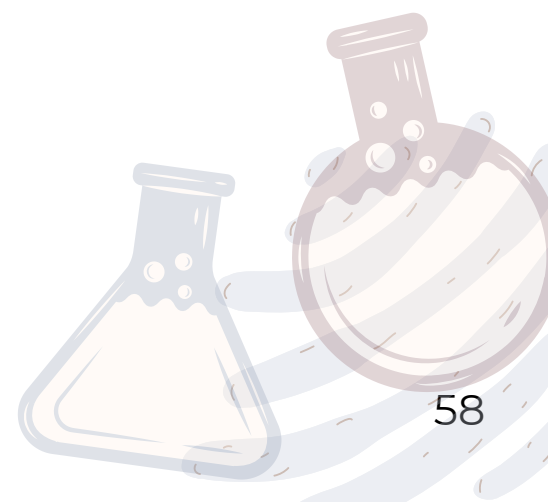
Jullie gaan in de laatste les een debat voeren omtrent ethische kwesties binnen genetica.

Jullie worden in twee groepen verdeeld en krijgen van de leerkracht een standpunt (pro of contra). Op de volgende pagina vinden jullie een aantal topics. Bij deze topics staan al enkele suggesties van pro's en contra's om jullie op weg te helpen en om beter te kunnen inspelen op wat de andere groep zal zeggen.

Jullie gaan in groep informatie verzamelen die jullie standpunten kunnen versterken/verdedigen ter voorbereiding van het debat dat jullie gaan voeren. Per topic noteren jullie in enkele woorden een aantal punten waarom je voor of tegen bent (afhankelijk van je gekregen standpunt). Dit blad mogen jullie gebruiken tijdens het debat, het is niet de bedoeling dat jullie alles vanbuiten kennen.

Afspraken tijdens het debat:

- 1 Heb respect voor elkaar. Persoonlijke aanvallen of beledigingen zijn niet toegestaan.
- 2 Kritiek moet gericht zijn op ideeën, niet op personen.
- 3 Laat degene die aan het woord is uitpraten voordat je reageert.
- 4 Ondersteun je standpunten met feiten en betrouwbare bronnen.
- 5 Laat iedereen van je groep aan het woord komen.
- 6 Focus op het onderwerp van het debat en dwaal niet af.
- 7 Zorg dat je binnen de beschikbare 30 minuten alles hebt kunnen zeggen wat je wilde, zonder de tijd te overschrijden.



6.3 Topics

1 klonen van mensen

PRO

medische doorbraken, orgaantransplantaties, onvruchtbaarheid oplossen ...

CONTRA

ethische bezwaren, identiteitskwesaties, mogelijke misbruik ...

2 genetische modificatie van embryo's

PRO

voorkomen van erfelijke ziekten, verbeteren van levenskwaliteit ...

CONTRA

onvoorziene gevolgen, ethische grenzen, ongelijkheid ...

3 genetisch gemodificeerde organismen (GGO's) in de landbouw

PRO

hogere opbrengsten, resistentie tegen ziekten en plagen ...

CONTRA

milieu-impact, gezondheidseffecten, monopolisering door bedrijven ...

4 DNA-onderzoek en privacy

PRO

opsporing van misdaden, medische vooruitgang ...

CONTRA

privacy-inbreuken, discriminatie op basis van genetische informatie ...

5 genetische screening bij sollicitaties

PRO

geschiktheid voor bepaalde beroepen, gezondheidsvoordelen ...

CONTRA

discriminatie, ethische bezwaren, privacykwesaties ...

6 DNA-tests voor afkomst en gezondheid

PRO

inzicht in afkomst en genetische aanleg voor ziektes, persoonlijke gezondheidsvoordelen ...

CONTRA

privacykwesaties, mogelijke psychologische impact van de resultaten ...

7 prenatale tests

PRO

vroegtijdige opsporing, voorbereidingen treffen voor de geboorte van kind met speciale behoeften ...

CONTRA

risico's van tests, druk op ouders, ethische bezwaren ...

8 genetische modificatie van huisdieren

PRO

verbeterde gezondheid en levensduur, minder erfelijke ziektes ...

CONTRA

ethische bezwaren, mogelijke gezondheidsrisico's voor de dieren ...

9 genetische modificatie voor sportprestaties

PRO

verbeterde prestaties, minder blessures ...

CONTRA

oneerlijke voordelen, ethische bezwaren, gezondheidsrisico's ...

10 genetische modificatie van voedsel

PRO

verbeterde voedingswaarde, langere houdbaarheid ...

CONTRA

gezondheidsrisico's, milieu-impact, ethische overwegingen ...

11 genetische modificatie voor cosmetische doeleinden

PRO

verbeterd uiterlijk, zelfvertrouwen ...

CONTRA

ethische bezwaren, risico's van misbruik, maatschappelijke druk ...

GEBRUIKTE LINKS

INLEIDING

Pagina 2: <https://bit.ly/43HLF1b>

LES 1: HOEVEEL LIJKEN WE ECHT OP ELKAAR?

Pagina 10: <https://www.youtube.com/watch?v=pv3KjOUjiLE>

Pagina 10: <https://ap.lc/KbCCJ>

Pagina 12: <https://www.youtube.com/watch?v=5pwwlsDE6eg>

LES 3: NA HOEVEEL JAAR STERVEN DE ANTILOPEN UIT DOOR DE ROOFDIEREN?

Pagina 38: <https://bit.ly/3SBvJs9>

Pagina 38: <https://matrixcalc.org>

LES 4: HOE KAN INFORMATICA DE ANALYSE VAN DNA VERSNELLEN?

Pagina 39: <https://www.online-python.com>

Pagina 47: <https://ap.lc/Ztxmu>

LES 6: KUNNEN WE ONS KIND BESTELLEN?

Pagina 57: <https://bit.ly/457PrTM>