

1

Organen en cellen

Elk organisme bestaat uit een of meer cellen. In je lichaam worden door celdeling voortdurend nieuwe cellen gevormd. Cellen kunnen er heel verschillend uitzien.

INTRODUCTIE

Opdrachten voorkennis	8
Voorkennistoets	8
Filmpjes voorkennis	8

BASISSTOF

1 Organismen	10
2 De bouw van een organisme	15
3 Cellen van dieren en planten	21
4 Chromosomen	26
5 Gewone celdeling (mitose)	31
6 Reductiedeling (meiose)	36
Samenhang	42
<i>Mooi rood is niet lelijk (maar ook niet echt lekker)</i>	

EXTRA STOF

7 Je lichaam in getallen	8
8 Virussen	8

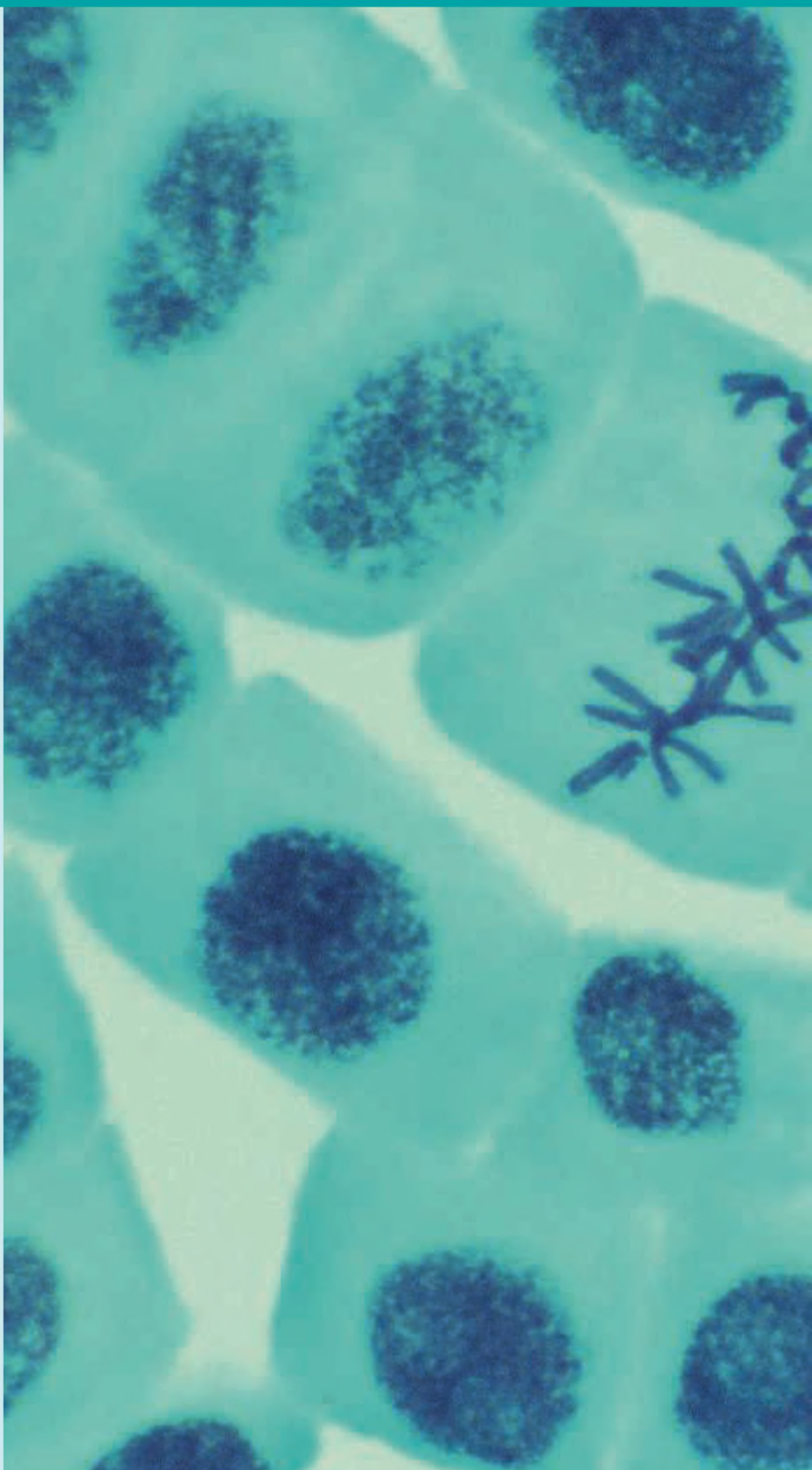
ONDERZOEK

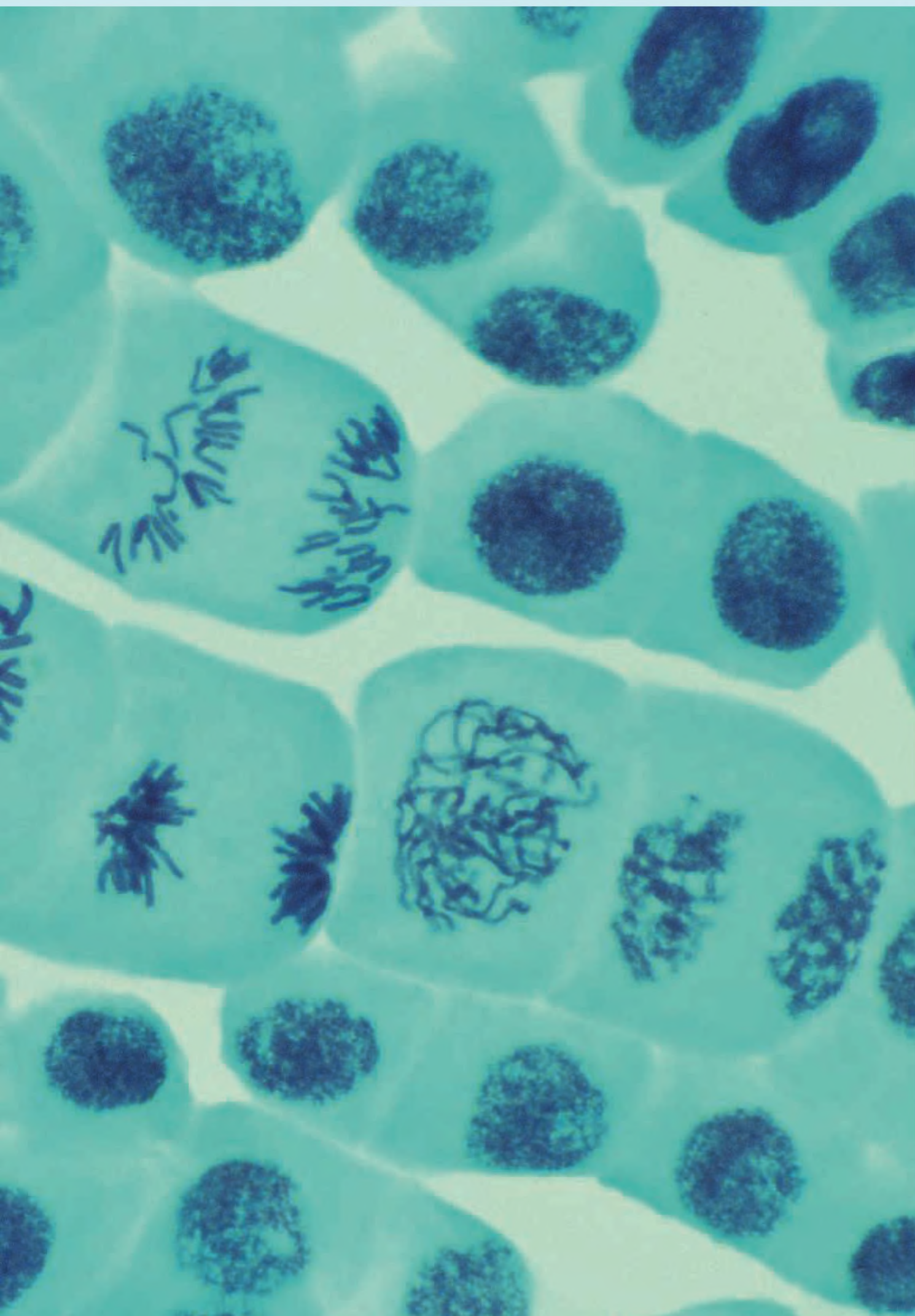
Leren onderzoeken	44
Practica	57

AFSLUITING

Samenvatting	64
Flitskaarten	64
Diagnostische toets	64

EXAMENOPGAVEN	70
---------------	----





Wat weet je al over organen en cellen?

LEERDOELEN

- 1 Je kunt organen benoemen in orgaanstelsels van mensen.
- 2 Je kunt delen benoemen van dierlijke en plantaardige cellen met hun kenmerken en hun functies.
- 3 Je kunt de ontwikkeling van een zaadplant beschrijven.
- 4 Je kunt de kenmerken van chromosomen beschrijven.
- 5 Je kunt de stappen van een celdeling noemen.

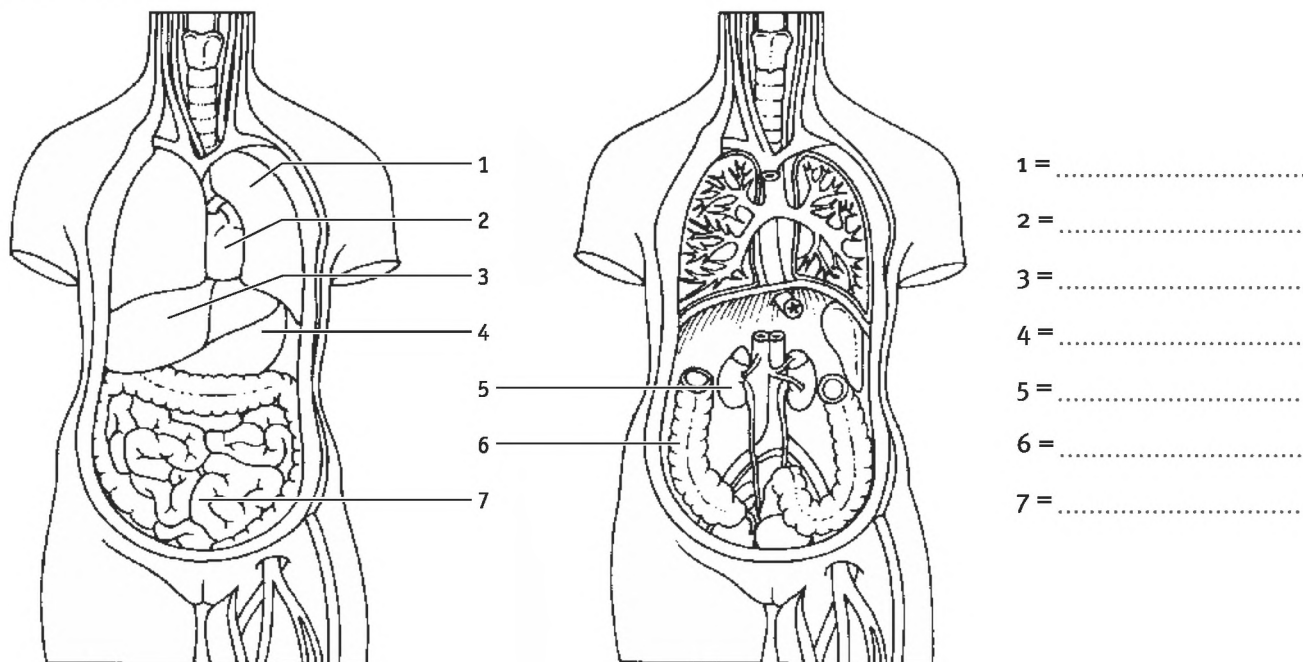
In de onderbouw heb je al geleerd over onderwerpen die te maken hebben met organen en cellen. Je hebt deze kennis nodig voor dit thema. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1

In afbeelding 1 zie je twee tekeningen van een torso. Geef de namen van de genummerde delen.

Afb. 1 Twee torso's.



2

In de celkern liggen de chromosomen.

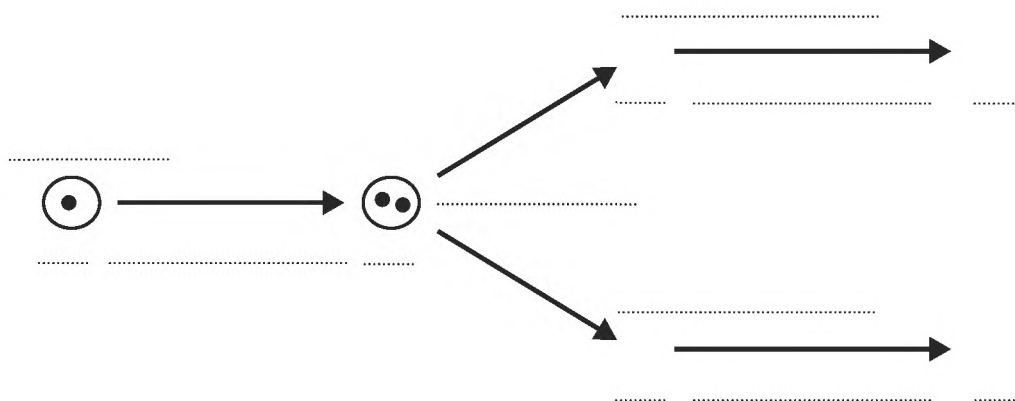
- a Uit welke stof bestaan chromosomen vooral? uit de stof
- b Je bekijkt een delende cel door de microscoop.
Zie je dan chromosomen? *ja / nee*
- c Bevat de kern van een cel van je vinger erfelijke informatie over de vorm van je neus? *ja / nee*

3

Afbeelding 2 is een schematische weergave van een celdeling bij de mens. Elk rondje stelt een cel voor. Enkele cellen zijn nog niet getekend.

- Teken de ontbrekende cellen achter de pijlen. Let op de grootte van de cellen.
- Zet bij elke cel de naam. Gebruik daarbij: *dochtercel* – *moedercel*.
- Zet bij de pijlen wat er gebeurt. Gebruik daarbij: *celdeling* – *kerndeling* – *plasmagroei*.
- Zet bij elke cel het aantal chromosomen.

Afb. 2



4

In afbeelding 3 zie je tekeningen van een plantaardige cel en een dierlijke cel. Geef de namen van de genummerde delen.

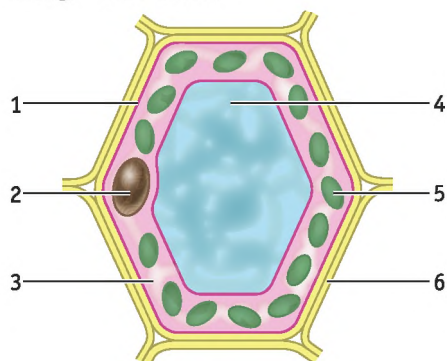
Plantaardige cel

- 1 =
- 2 =
- 3 =
- 4 =
- 5 =
- 6 =

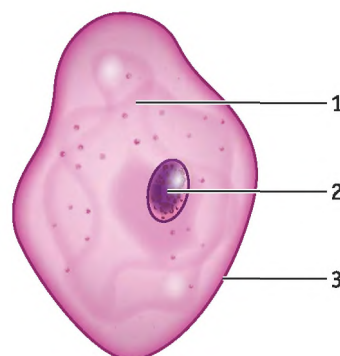
Dierlijke cel

- 1 =
- 2 =
- 3 =

Afb. 3 Twee cellen.



1 plantaardige cel



2 dierlijke cel

 Ga naar de Voorkennistoets en de Filmpjes.

1 Organismen

LEERDOELEN

- 1.1.1 Je kunt negen levenskenmerken van organismen noemen.
 1.1.2 Je kunt de levensfasen van de mens noemen met de gemiddelde leeftijden en voorbeelden van ontwikkeling geven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	1.1.1	1.1.2
Onthouden	1abd	2
Begrijpen	1c, 3, 6a, 7a	3
Toepassen	4	5a
Analyseren	6b	5b, 7b

De biologie bestudeert al het leven op aarde: van bacteriën tot bomen en van vogels tot walvissen. Al deze levende wezens vertonen levenskenmerken en maken tijdens hun leven verschillende levensfasen door.

LEVENSKENMERKEN

Alle levende wezens zijn **organismen**. Alle organismen vertonen **levenskenmerken**:

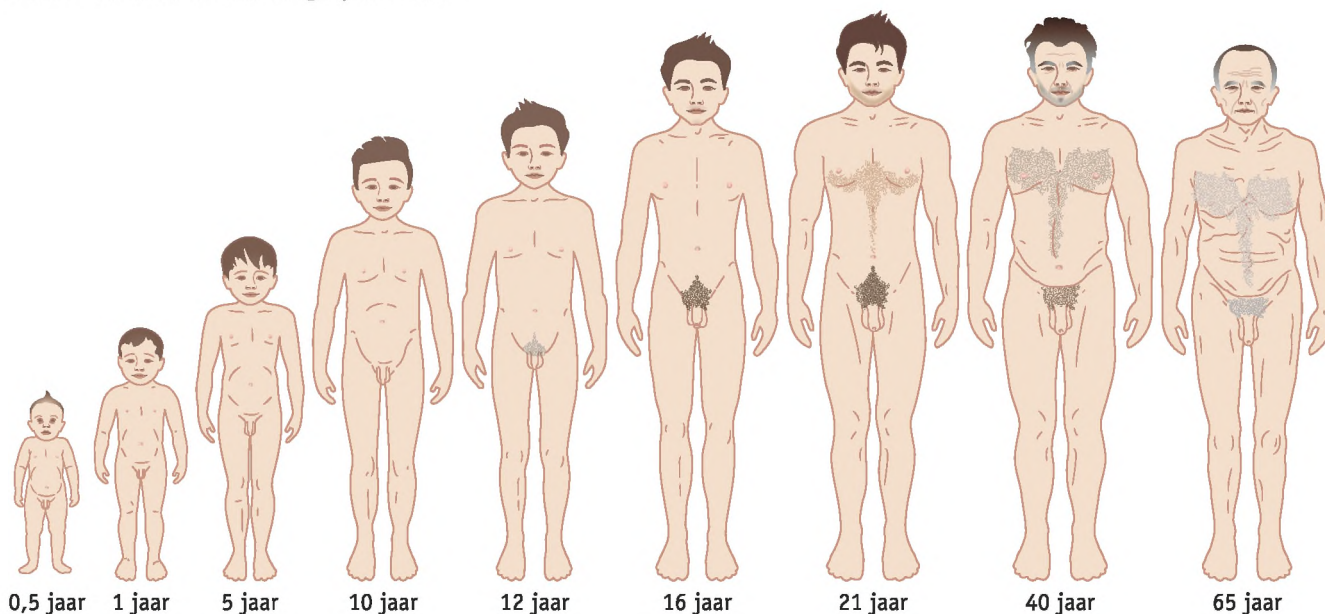
- **groei**, waarbij ook **ontwikkeling** kan plaatsvinden
Door groei wordt een organisme groter en zwaarder. Bij ontwikkeling verandert de bouw van een organisme.
- **reageren op prikkels**, bijvoorbeeld door **beweging**
Organismen kunnen prikkels waarnemen, zoals licht en geur. Ze kunnen vervolgens reageren op die prikkels. Organismen kunnen bijvoorbeeld in beweging komen als ze voedsel ruiken.
- **stofwisseling**; hierbij horen **voeding**, **ademhaling** en **uitscheiding** van afvalstoffen
Bij stofwisseling worden in je lichaam stoffen omgezet in andere stoffen. Een voorbeeld van stofwisseling is de omzetting van suikers in vetten. Daarvoor heb je voeding nodig, en zuurstof die je opneemt door ademhaling. Als tijdens de stofwisseling afvalstoffen ontstaan, scheidt het lichaam deze uit.
- **voortplanting**
Door voortplanting krijgen organismen nakomelingen.

GROEI EN ONTWIKKELING

Mensen worden geboren, groeien, worden volwassen, krijgen kinderen (of niet) en sterven. Al deze fasen samen vormen de levensloop.

Je groeit vanaf je geboorte en stopt daarmee als je ongeveer 18 jaar bent. Tijdens deze **lichamelijke groei en ontwikkeling** veranderen de verhoudingen tussen de verschillende lichaamsdelen (zie afbeelding 1). Zo is je hoofd in het begin in verhouding tot de rest van je lichaam groot.

Je groeit en ontwikkelt niet alleen lichamelijk, maar ook geestelijk. De **geestelijke groei en ontwikkeling** gaan veel langer door dan je 18e levensjaar. Tijdens deze geestelijke groei en ontwikkeling veranderen bijvoorbeeld je voorkeur voor muziek of je kledingsmaak.

Afb. 1 Groei en ontwikkeling bij een man.

De ontwikkeling van baby tot en met volwassene kun je in verschillende **levensfasen** indelen (zie afbeelding 2). Deze levensfasen duren niet bij iedereen even lang. Bij sommige mensen gaat de ontwikkeling wat sneller dan bij anderen. Zo zijn er baby's die al lopen voor hun eerste verjaardag, maar ook peuters die op hun tweede verjaardag nog niet kunnen lopen.

Afb. 2 Levensfasen van de mens.

 baby • tot 1½ jaar • groeispurt, leert zitten, leert reageren op andere mensen	 peuter • 1½ tot 4 jaar • praten, lopen, torentje bouwen	 kleuter • 4 tot 6 jaar • fietsen, beeldscherm gebruiken, samen spelen	 schoolkind • 6 tot 12 jaar • lezen, schrijven, rekenen
 puber • 12 tot 16 jaar • groeispurt, borsten, baardgroei, pubishaar, nieuwe gevoelens	 adolescent • 16 tot 21 jaar • zelfstandig worden	 volwassene • 21 tot 65 jaar • werken, kinderen krijgen	 oudere (bejaarde) • 65 jaar en ouder • lichamelijke problemen • soms geestelijke problemen

KENNIS

1

a Wat zijn de negen levenskenmerken?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

b Hoe heet verandering in de bouw van een organisme?**c** Elk organisme gaat dood, maar de soort blijft (meestal) bestaan.

Welk levenskenmerk zorgt ervoor dat een soort blijft bestaan?

d Welke levenskenmerken vallen onder stofwisseling?

- ☐ A ademhaling
- ☐ B beweging
- ☐ C ontwikkeling
- ☐ D reageren op prikkels
- ☐ E uitscheiding
- ☐ F voeding

2

Welke levensfase hoort bij het kenmerk?

- 1 Krijgt geestelijke problemen of heeft verzorging nodig.
- 2 Krijgt (meestal) kinderen.
- 3 Leert lezen, schrijven en rekenen.
- 4 Leert praten en met een lepel eten.
- 5 Leert veters strikken en met andere kinderen spelen.
- 6 Leert zelfstandig worden.
- 7 Leert zitten en leert reageren op andere mensen.
- 8 Secundaire geslachtskenmerken komen tot ontwikkeling.

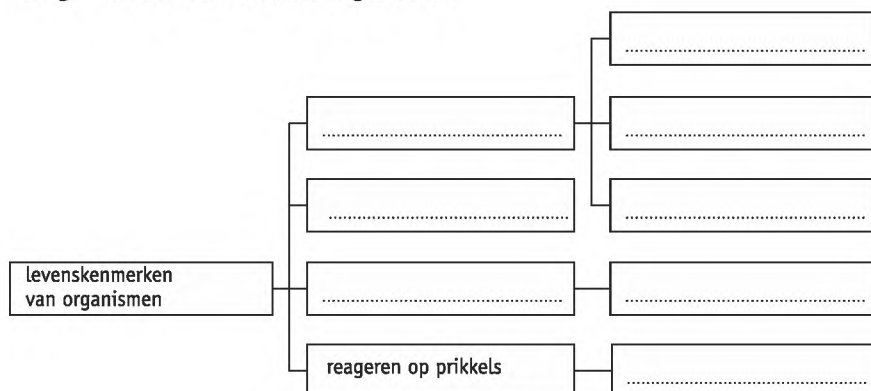
3

**Samenvatting**

Maak een samenvatting van de basisstof.

- Vul in het schema van afbeelding 3 de ontbrekende levenskenmerken in.

Afb. 3 Levenskenmerken van organismen.



- Groei =

Ontwikkeling =

- Vul de tabel verder in.

Levensfase	Leeftijd	Kenmerken
baby	0-1½ jaar	groeispurt, leert zitten, leert reageren op andere mensen

INZICHT

Maak de volgende opdrachten in je schrift.

4

Lees de tekst 'Klas 3 heeft pauze'.

Geef van elk van de volgende levenskenmerken een voorbeeld uit de tekst.

beweging – ontwikkeling – uitscheiding – voeding – voortplanting

Afb. 4

Klas 3 heeft pauze

Aan het eind van de pauze klinkt de bel. Klas 3 maakt zich op om naar de les te gaan. Iedereen is druk bezig. Koen heeft al honger en denkt: 'Gauw nog even een boterham pakken.' Marit gaat nog snel even naar de wc om te plassen. Amir houdt niet van stilzitten en denkt: 'Gelukkig hebben we het zesde uur gymnastiek.' Luna is met iets heel anders bezig. Ze slikt sinds een paar weken de pil, maar is gisteren een pil vergeten en maakt zich zorgen. Ze denkt: 'Vanavond wil ik de pil niet vergeten.' Sam kijkt ook wat zorgelijk. Zijn nieuwe sneakers zijn nog niet zo oud, maar hij heeft alweer een grotere maat nodig. Koen heeft zich vanochtend voor het eerst geschoren en voelt wat onwennig aan zijn kin. 'Het voelt nog een beetje gek, dat scheren.' En dan komt hun docent aangelopen.

5

- a** Tijdens welke levensfase vindt veel lichamelijke ontwikkeling plaats? Leg je antwoord uit.
- b** Tijdens welke levensfasen vindt geestelijke ontwikkeling plaats? Leg je antwoord uit.

6

- a** Fenne ziet een eland.
Over welk levenskenmerk gaat deze zin?
- b** Planten maken zuurstof.
Over welk levenskenmerk gaat deze zin? Leg je antwoord uit.

+ 7

Omar had als baby vaak buikpijn. Uit onderzoek bleek dat hij een koemelkallergie heeft. Door deze allergie kan hij sommige stoffen uit koemelk niet goed verteren en krijgt hij buikpijn als hij koemelk drinkt.

- a** Welk levenskenmerk is verstoord door de koemelkallergie van Omar?
- b** Behalve dat Omar veel buikpijn had, groeide hij minder snel dan andere baby's.
Leg uit hoe dat kwam.

 Ga naar de *extra opdrachten, Flitskaarten en Test jezelf*.

2 De bouw van een organisme

LEERDOEL

1.2.1 Je kunt de organisatieniveaus binnen een organisme benoemen en beschrijven.

- Leren onderzoeken 1
- Practica 1 en 2

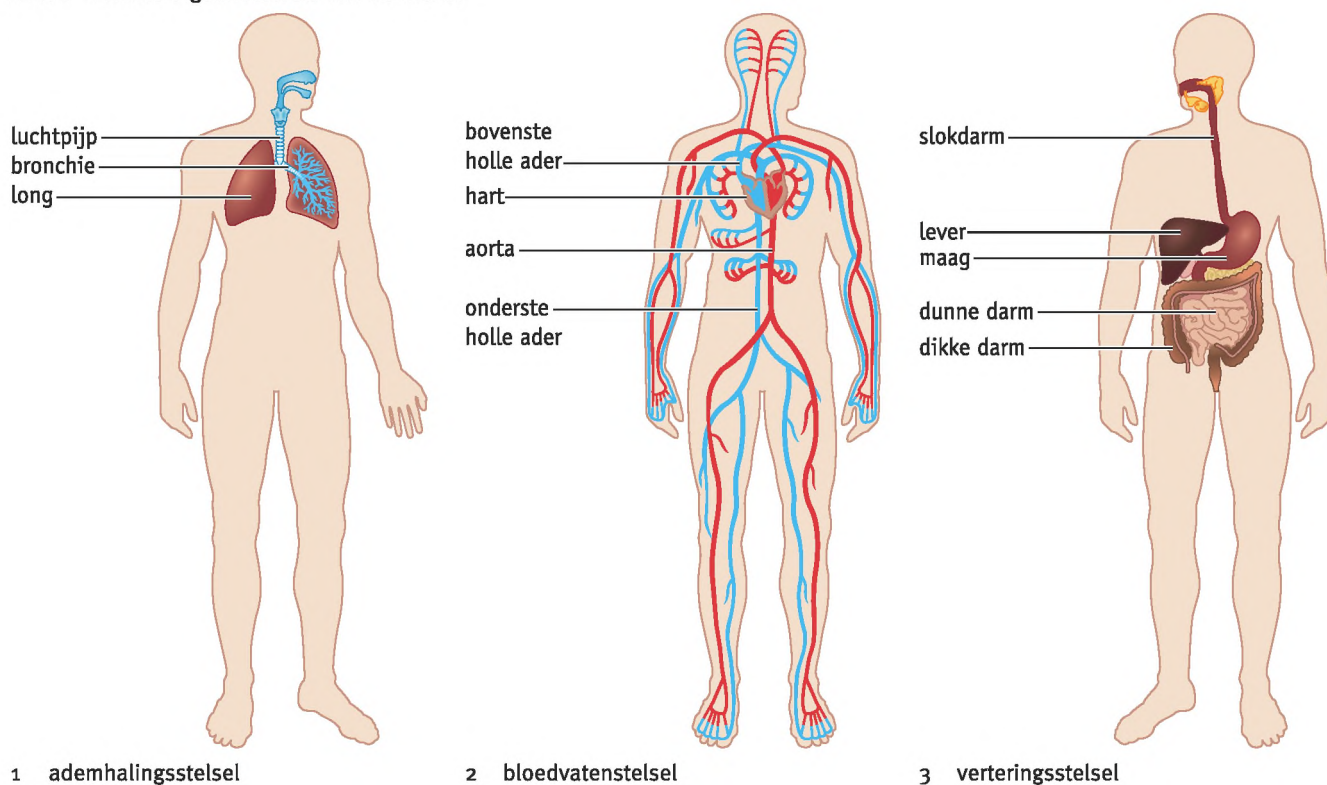
TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	1.2.1
Onthouden	1
Begrijpen	2, 3, 5a, 6a
Toepassen	4bc, 5b, 6bc
Analyseren	4a, 5c, 7

Jouw lichaam bestaat uit miljoenen cellen. Al die cellen werken samen zodat jij kunt sporten, denken en praten. Niet elke cel is hetzelfde. Je spiercellen hebben bijvoorbeeld een andere bouw dan je hersencellen.

ORGAANSTELSELS

Grotere organismen zoals de mens hebben **orgaanstelsels**, bijvoorbeeld het verteringsstelsel of het ademhalingsstelsel (zie afbeelding 1). Een orgaanstelsel bestaat uit organen. Een **orgaan** is een deel van een organisme met een of meer functies.

Afb. 1 Enkele orgaanstelsels van de mens.



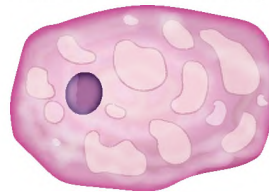
Organen bestaan uit **cellen**. Door een microscoop lijken cellen 'plat', maar in werkelijkheid hebben cellen diepte (zie afbeelding 2 en 3). Er zijn verschillende typen cellen. De vorm van een cel hangt samen met zijn functie.

WEEFSELS

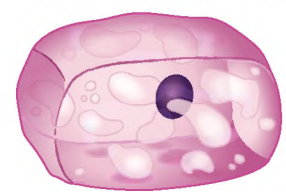
Een groep cellen met eenzelfde vorm en functie noem je een **weefsel**. In afbeelding 4 zie je voorbeelden van weefsels. Organen bestaan vaak uit verschillende weefsels. De cellen in spierweefsel hebben een andere vorm dan de cellen in bindweefsel.

In veel weefsels zit **tussencelstof** tussen de cellen. Er zijn verschillende typen tussencelstof, met elk zijn eigen functie. Soms is het een vloeistof, zoals de hersenvloeistof tussen de zenuwcellen in de hersenen, soms is het een harde stof die wordt gemaakt door de cellen. Zo maken botcellen een kalkachtige stof als tussencelstof. De botcellen zelf zijn met elkaar verbonden door uitlopers. Door de tussencelstof en de uitlopers is beenweefsel stevig en sterk.

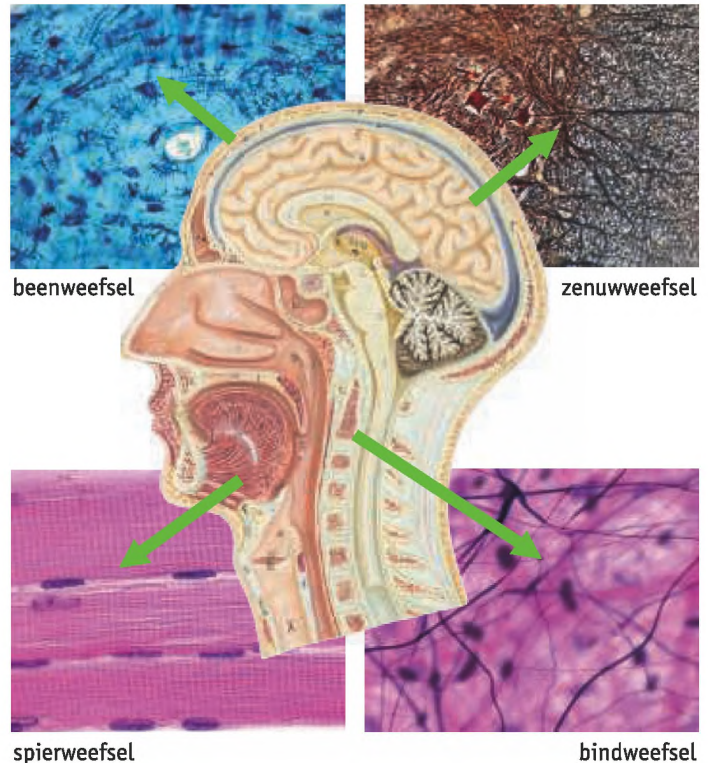
Afb. 2 Een cel getekend zoals je hem door een microscoop ziet.



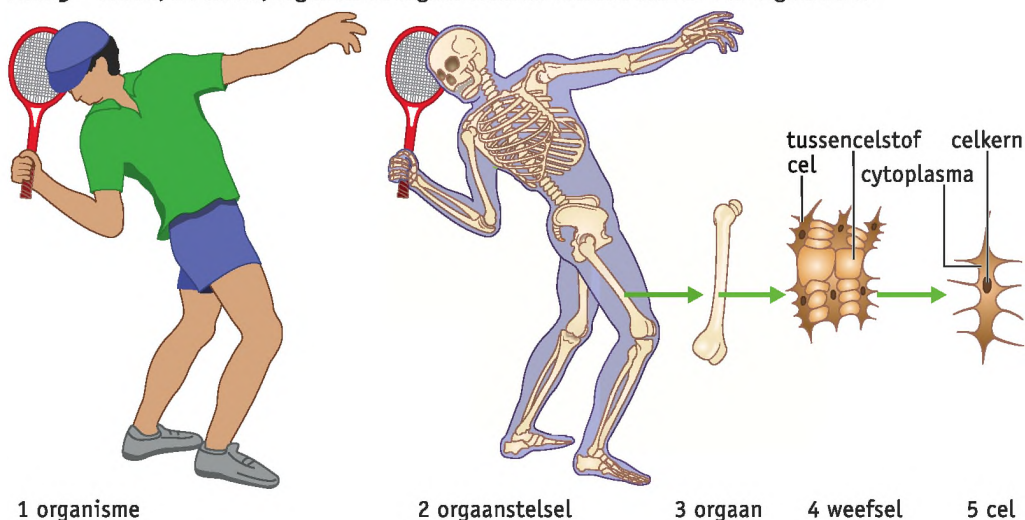
Afb. 3 Een cel driedimensionaal getekend.



Afb. 4 Enkele weefseltypen.



Afb. 5 Cellen, weefsels, organen en orgaanstelsels vormen samen een organisme.



ORGANISATIENIVEAUS

Biologen onderzoeken organismen op verschillende **organisatieniveaus** (zie afbeelding 5). Van groot naar klein zijn dat:

- organisme
- orgaanstelsel
- orgaan
- weefsel
- cel

De verschillende organisatieniveaus werken voortdurend samen. Als je tegen een bal schopt, gebruik je bijvoorbeeld je skelet, spieren en zintuigcellen. Je orgaanstelsels, organen, weefsels en cellen reageren op elkaar en werken met elkaar samen. Door deze samenwerking kun je de bal met de juiste snelheid en in de goede richting schoppen.

KENNIS

1

In afbeelding 6 zie je twee tekeningen van een torso. In afbeelding 6.1 zijn de ribben en het borstbeen uit de torso gehaald. In afbeelding 6.2 zijn meer organen uit de torso gehaald.

Geef de namen van de genummerde delen.

1 =

8 =

2 =

9 =

3 =

10 =

4 =

11 =

5 =

12 =

6 =

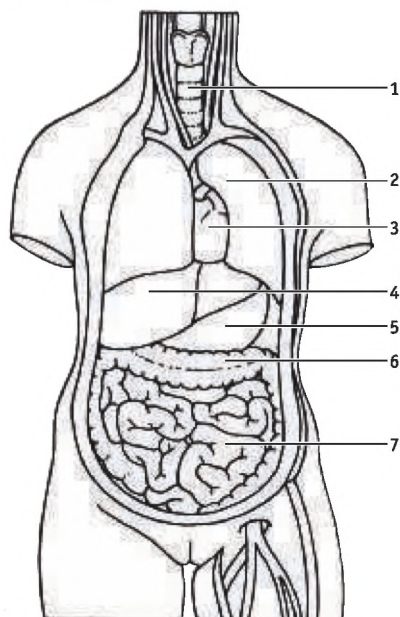
13 =

7 =

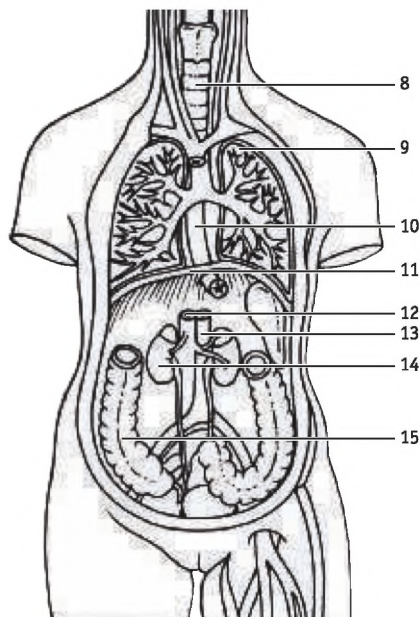
14 =

15 =

Afb. 6 Torso's.



1



2

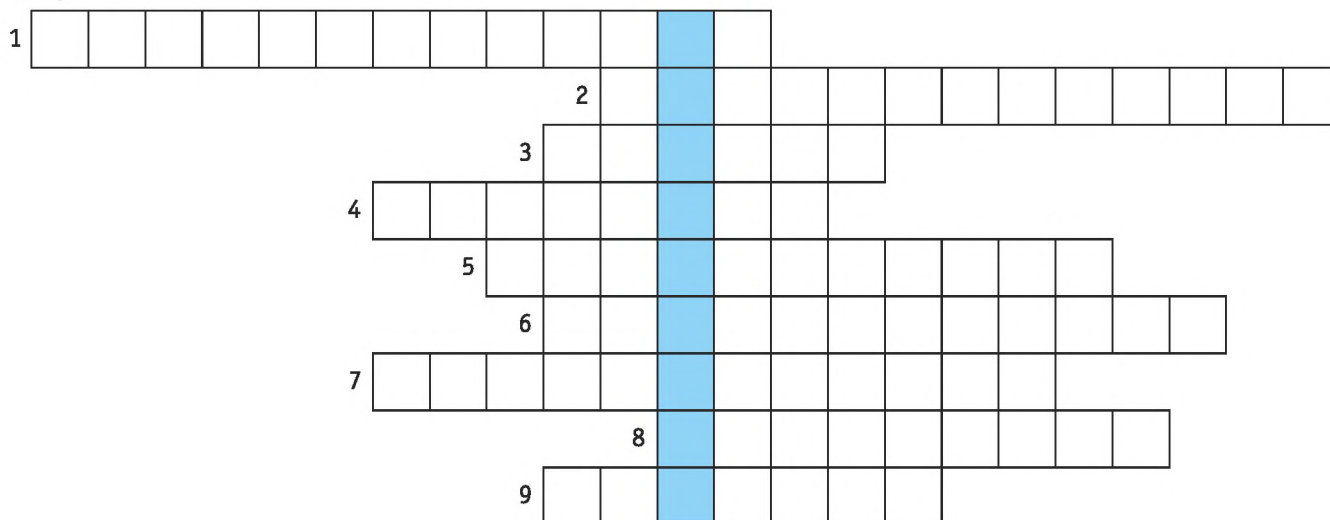
2



Hierna staan negen omschrijvingen van begrippen.

- Zet de namen van de begrippen in de puzzel van afbeelding 7.
 - In de gekleurde vakjes lees je dan een woord. Vul dit woord in onder de puzzel.
- 1 De stof die zich tussen de cellen bevindt.
 - 2 Een groep samenwerkende organen die samen een bepaalde functie hebben.
 - 3 Een deel van een organisme met een of meer functies.
 - 4 Het deel van het verteringsstelsel dat gedeeltelijk in de borstholte ligt en gedeeltelijk in de buikholte.
 - 5 De tussencelstof van dit weefsel bevat veel kalk.
 - 6 De spieren van je lichaam vormen samen dit orgaanstelsel.
 - 7 De hersenen zijn een deel van dit orgaanstelsel.
 - 8 Dit orgaan scheidt de romp in de borstholte en de buikholte.
 - 9 Een groep cellen met dezelfde bouw en dezelfde functie(s).

Afb. 7



Het woord in de gekleurde vakjes is

3



Samenvatting

Maak een samenvatting van de basisstof.

- Zet de organisatieniveaus op volgorde van groot naar klein.

.....

- Leg uit dat tussencelstof de eigenschappen van een weefsel bepaalt.

.....

.....

.....

.....

INZICHT

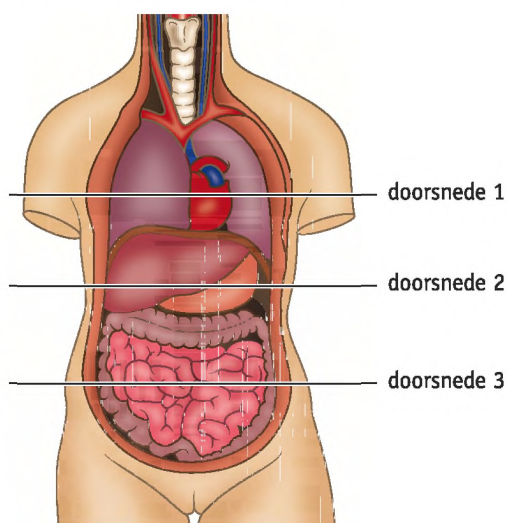
Maak de volgende opdrachten in je schrift.

4

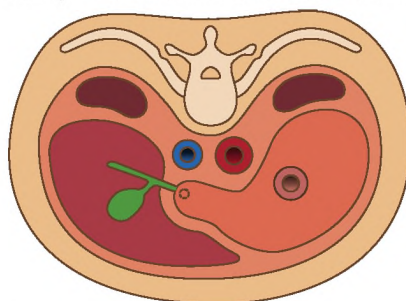
In afbeelding 8 is een torso schematisch getekend. Op drie plaatsen is een doorsnede gemaakt (1, 2 en 3). De dwarsdoorsneden (A, B en C) zijn in afbeelding 9 schematisch getekend.

- Combineer elke doorsnede met de juiste letter.
- Geef de namen van vijf organen die je ziet in doorsnede A.
- In het middenrif zitten openingen. Daar gaan organen doorheen die zowel in de borstholte als in de buikholte liggen. Welke organen gaan door het middenrif?

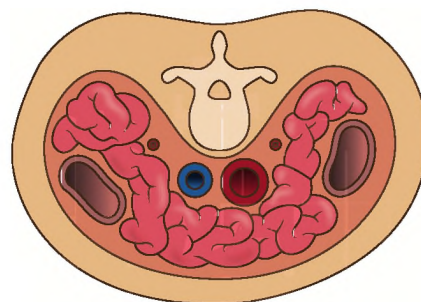
Afb. 8 Doorsneden van een torso.



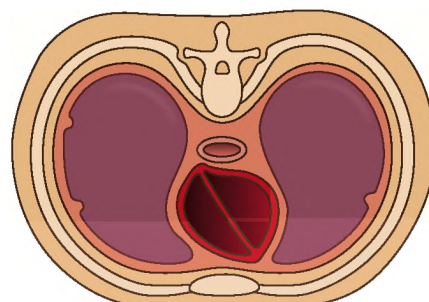
Afb. 9 Dwarsdoorsneden van een torso.



A



B



C

5

- a** Cellen in je lichaam hebben verschillende vormen. Waarmee hangt de vorm van een cel samen?
- b** In afbeelding 10 zie je dat rode bloedcellen rond en plat zijn. Waarmee hangt deze ronde en platte vorm samen?
- c** Een rode bloedcel stroomt door het bloedvatensysteem. Is een rode bloedcel een deel van het bloedvatensysteem? Leg je antwoord uit.

Afb. 10 Een rode bloedcel.



6

Verschillende weefsels hebben verschillende eigenschappen.

- a** In je oorschelp zit kraakbeen. Kraakbeen is lichter en soepeler dan beenweefsel. Is de tussencelstof bij kraakbeen harder of zachter dan de tussencelstof bij beenweefsel?
- b** Haaien hebben een skelet van kraakbeen. Wat is het voordeel van het kraakbeenskelet voor de haai?
- c** Bij een volwassen mens bestaat het skelet voor het grootste deel uit beenweefsel. Welk nadeel zou een volwassene hebben als zijn skelet voor het grootste deel uit kraakbeenweefsel bestond?

+ 7

Bij een orgaandonatie speelt tijd een belangrijke rol. De organen zijn meestal afkomstig van mensen die recent zijn overleden en moeten zo snel mogelijk worden getransplanteerd.

- a** Leg uit waarom het belangrijk is dat een orgaan zo snel mogelijk wordt getransplanteerd.
- b** Sommige organen kun je ook doneren terwijl je nog leeft. Een voorbeeld hiervan zijn de nieren. Een nierpatiënt kan dus een nier krijgen van een levende donor. Leg uit waarom dat mogelijk is.

 Ga naar de *extra opdrachten*, *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

3 Cellen van dieren en planten

LEERDOEL

1.3.1 Je kunt delen benoemen van dierlijke en plantaardige cellen met hun kenmerken en functies.

- Leren onderzoeken 1 en 2
- Practica 3, 4 en 5

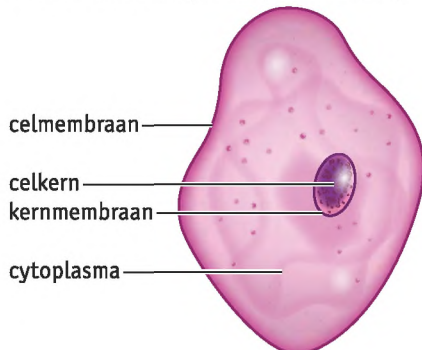
TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	1.3.1
Onthouden	1
Begrijpen	2, 3, 5ab
Toepassen	4, 5c, 6a
Analyseren	5d, 6b, 7

Jouw lichaam bestaat uit ongeveer honderd biljoen cellen wanneer het volgroeid is. Ook andere organismen, zoals planten, kunnen uit veel cellen bestaan.

DIERLIJKE CELLEN

In afbeelding 1 zie je een schematische tekening van een dierlijke cel. Deze cel wordt omgeven door een dun vlies: het **celmembraan**. Een dierlijke cel bestaat voor het grootste deel uit cytoplasma (celplasma). **Cytoplasma** is een stroperige vloeistof van water met veel opgeloste stoffen. In het cytoplasma ligt de celkern. De **celkern** regelt alles wat er in een cel gebeurt. Ook om de celkern ligt een dun vlies: het kernmembraan.

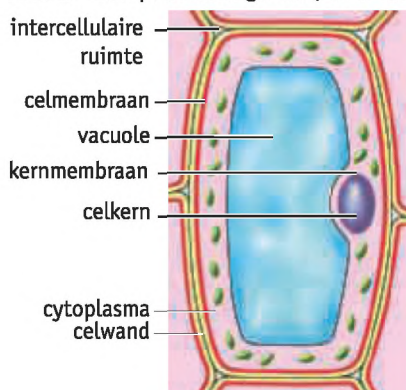
Afb. 1 Een dierlijke cel (schematisch).



PLANTAARDIGE CELLEN

Cellen van planten bestaan net als dierlijke cellen uit een celmembraan, cytoplasma, een celkern en een kernmembraan (zie afbeelding 2).

Afb. 2 Een plantaardige cel (schematisch).



In het cytoplasma van plantencellen komen daarnaast een of meer vacuolen voor.

Vacuolen zijn blaasjes gevuld met vocht. Het vacuolevocht bestaat uit water met opgeloste stoffen. Jonge plantencellen bevatten meerdere vacuolen. Als de cellen ouder worden, vloeien de kleine vacuolen samen tot één grote vacuole. Het cytoplasma ligt dan in een dunne laag tegen het celmembraan aan.

Het cytoplasma van een plantaardige cel maakt een stevig laagje om de cel heen: de **celwand**. De celwand is tussencelstof en behoort niet tot de cel. Celwanden zorgen voor stevigheid.

De celwanden sluiten vaak niet precies op elkaar aan. Tussen de celwanden van cellen die naast elkaar liggen, komen kleine holten voor: de intercellulaire ruimten. Deze holten zijn gevuld met lucht of water.

KORRELS

In het cytoplasma van plantencellen kunnen korrels voorkomen. Er zijn verschillende typen korrels:

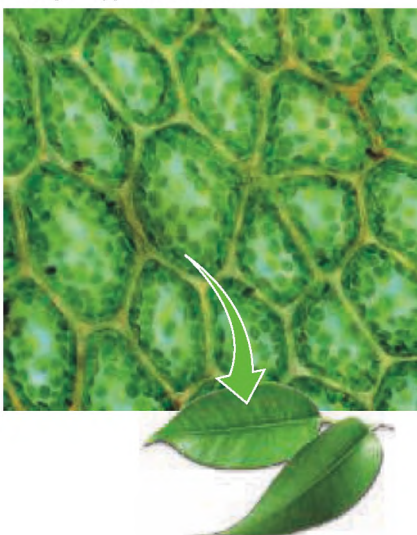
- bladgroenkorrels
- kleurstofkorrels
- zetmeelkorrels

Bladgroenkorrels komen voor in de groene delen van planten, vooral de bladeren. Door de bladgroenkorrels zien planten er groen uit (zie afbeelding 3.1). In bladgroenkorrels vindt fotosynthese plaats. Door fotosynthese ontstaat glucose. Een plant gebruikt glucose als energiebron, maar ook als grondstof om de stoffen te maken waaruit de plant bestaat.

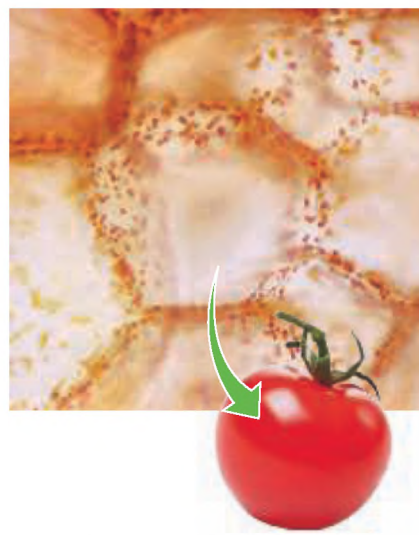
Kleurstofkorrels komen voor in de cellen van bloemen en vruchten met een gele, oranje of rode kleur (zie afbeelding 3.2). Kleurstofkorrels geven bloemen en vruchten hun opvallende kleur.

Zetmeelkorrels zijn kleurloos. Ze komen onder andere voor in de cellen van aardappels (zie afbeelding 3.3). In zetmeelkorrels is zetmeel opgeslagen. Zetmeel is een belangrijke reservestof voor planten.

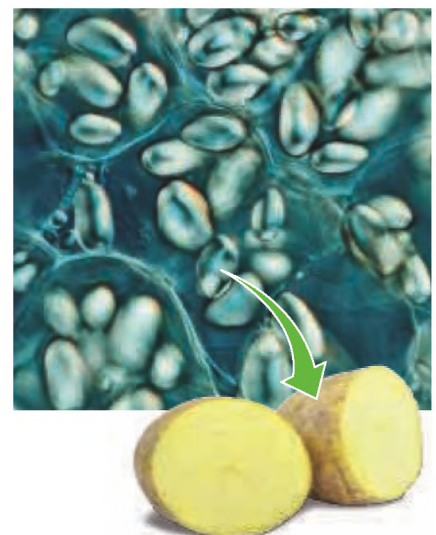
Afb. 3 Typen korrels.



1 bladgroenkorrels



2 kleurstofkorrels



3 zetmeelkorrels

Korrels kunnen van het ene type overgaan in het andere type. Bijvoorbeeld: als een mandarijn rijp wordt, verandert de kleur van groen naar oranje (zie afbeelding 4). Bladgroenkorrels veranderen dan in oranje kleurstofkorrels.

Afb. 4 Mandarijnen.



1 onrijp



2 rijp

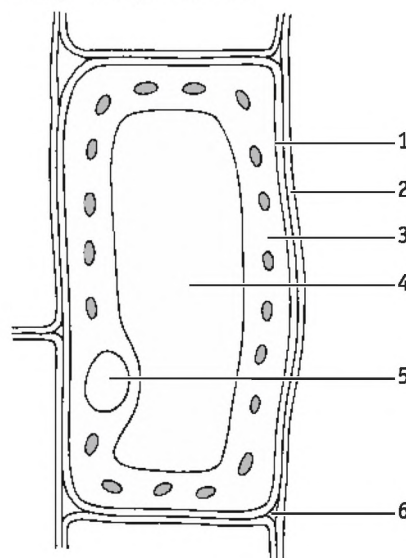
KENNIS

1

In afbeelding 5 zie je een plantaardige cel. Geef de namen van de genummerde delen.

- 1 =
 2 =
 3 =
 4 =
 5 =
 6 =

Afb. 5 Een plantencel.



2

Hierna staan vier delen van planten.

Welke korrels komen voor in het deel van de plant?

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 kroonblad van een tulp | <i>bladgroenkorrels / kleurstofkorrels / zetmeelkorrels</i> |
| 2 maïskorrel | <i>bladgroenkorrels / kleurstofkorrels / zetmeelkorrels</i> |
| 3 schil van een rijpe citroen | <i>bladgroenkorrels / kleurstofkorrels / zetmeelkorrels</i> |
| 4 stengel van een tulp | <i>bladgroenkorrels / kleurstofkorrels / zetmeelkorrels</i> |

3



Samenvatting

Maak een samenvatting van de basisstof.

- Zet in de tabel onder elk type cel de onderdelen waaruit de cel bestaat.
Tip: begin bij de celkern en werk van binnen naar buiten.
- Geef daarna aan welke onderdelen nog meer kunnen voorkomen in of om de plantaardige cel.

Dierlijke cel	Plantaardige cel
	in de cel:
	om de cel:

- Wat is de functie van de verschillende korrels?

Bladgroenkorrels:

Kleurstofkorrels:

Zetmeelkorrels:

INZICHT

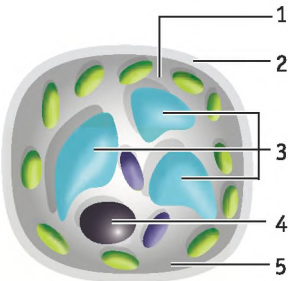
Maak de volgende opdrachten in je schrift.

4

In afbeelding 6 zie je een tekening van een jonge plantencel.

- a Welk nummer geeft de buitenste laag van het cytoplasma aan?
- b Welk nummer geeft aan dat een jonge plantencel is getekend en niet een oude plantencel?
- c Welk nummer geeft het deel aan dat allerlei processen in de cel regelt?
- d Menselijk weefsel is te slap om er flinterdunne plakjes van te snijden voor een preparaat. Menselijk weefsel wordt daarom eerst met paraffine (een soort kaarsvet) behandeld om het steviger te maken. Bij plantaardig weefsel is dat niet nodig.
Welk nummer geeft het deel aan waardoor dit bij plantaardig weefsel niet hoeft?

Afb. 6 Een jonge plantencel.



5

- a Door welke korrels krijgt een sperzieboon zijn groene kleur?
- b Aan welke korrels heeft de klapproos zijn rode kleur te danken?
- c Het deel van een oranje peen dat boven de grond uitkomt, wordt groen. Welke verandering in de korrels is hiervan de oorzaak?
- d Tijdens een practicum worden drie preparaten van een aardappelplant gekleurd met een joodoplossing: een preparaat van een aardappelblad, een preparaat van een aardappelbloem en een preparaat van een aardappelknol. Kleuring geeft aan dat er zetmeel in het plantendeel aanwezig is. Welk preparaat wordt niet gekleurd door de joodoplossing?

6

- In het darmkanaal van een koe leven bacteriën. Deze bacteriën kunnen de stof cellulose afbreken. Cellulose komt alleen voor in plantaardige cellen. Als de cellulose niet wordt afgebroken, kan de koe niet genoeg voedingsstoffen opnemen uit de plantencellen. Bij onderzoek aan de darmen van een koe worden resten van celwanden gevonden.
- a Zijn die afkomstig van de koe of van haar voedsel? Leg je antwoord uit.
 - b Waarom kan een koe niet genoeg voedingsstoffen opnemen als de celwanden niet worden afgebroken?

+ 7

Anthocyanen zijn paarsrode kleurstoffen die kunnen voorkomen in de vacuole van plantaardige cellen, bijvoorbeeld bij rodekool (zie afbeelding 7). Anthocyanen zijn geen kleurstofkorrels.

- a Door welk verschil tussen kleurstofkorrels en anthocyanen weet je zeker dat anthocyanen geen kleurstofkorrels zijn?
- b Bij veel licht maakt rodekool extra anthocyanen aan. Biologen denken dat de plant dit doet om schade door te veel licht te voorkomen. De anthocyanen werken als een soort zonnebril voor de cellen, want ze houden licht tegen. Extra anthocyanen maken heeft daardoor ook een groot nadeel voor de plant. Welk nadeel is dat?

Afb. 7 Rodekool.



 Ga naar de *extra opdrachten*, *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

4 Chromosomen

LEERDOEL

1.4.1 Je kunt de kenmerken van chromosomen beschrijven.

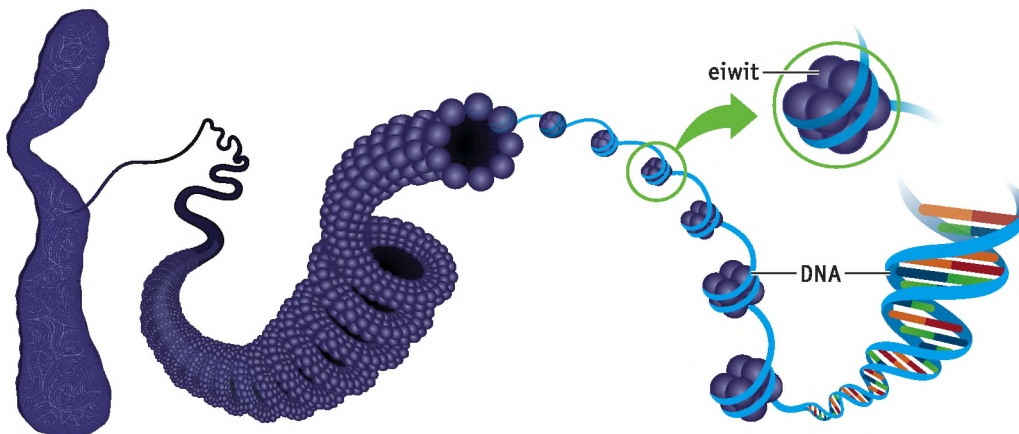
TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	1.4.1
Onthouden	1abc
Begrijpen	1def, 2, 3
Toepassen	4abcdf, 5ab, 6a
Analyseren	4e, 5c, 6b

Iedereen is anders. Dat komt doordat de erfelijke informatie in de celkernen bij iedereen anders is.

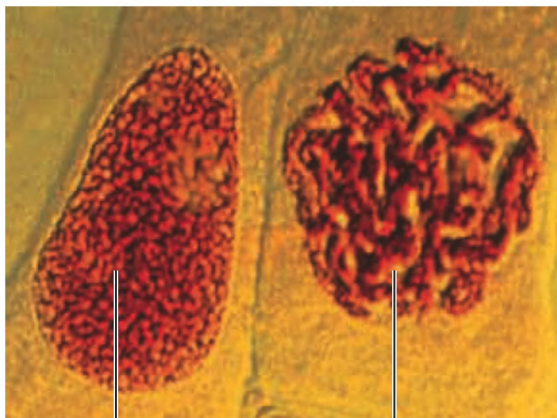
ERFELIJKE EIGENSCHAPPEN

De celkern regelt alles wat er in de cel gebeurt. In de celkern bevinden zich **chromosomen**. Chromosomen bestaan uit **DNA** en eiwit (zie afbeelding 1). DNA bevat de informatie voor je **erfelijke eigenschappen**, zoals de kleur van je ogen of een huid met sproeten. Een DNA-molecuul is erg lang. Daardoor zijn chromosomen lange, dunne draden. Door een microscoop zijn de chromosomen in een celkern meestal niet zichtbaar. Alleen als een cel zich gaat delen, worden de chromosomen zichtbaar door een microscoop (zie afbeelding 2).

Afb. 1 Een chromosoom bestaat uit DNA met eiwit.



Afb. 2 Als een cel zich gaat delen, worden de chromosomen zichtbaar.

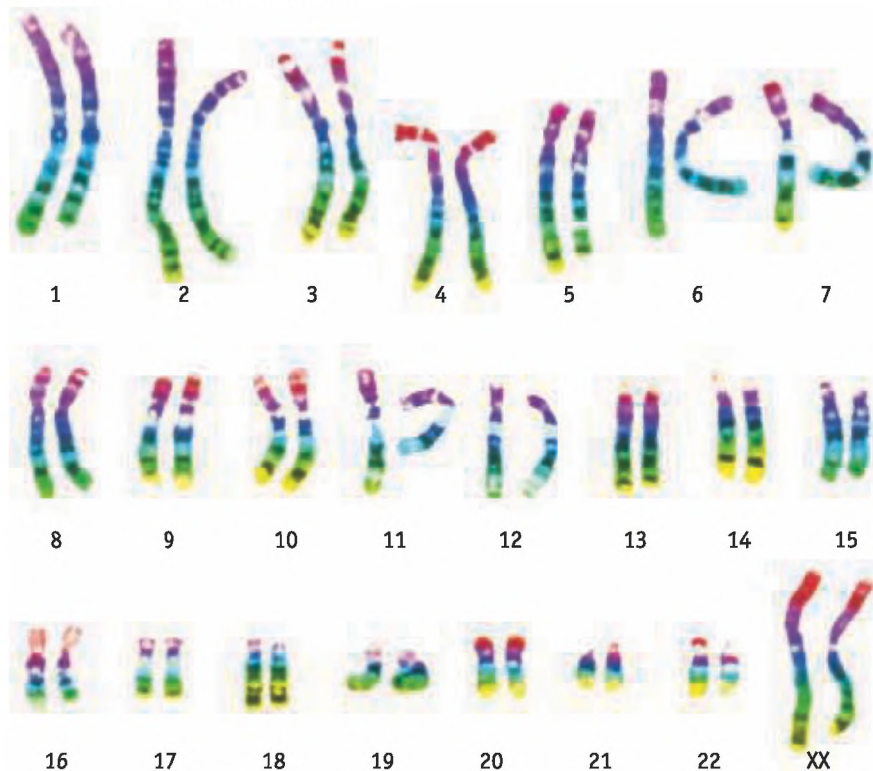


In de kern zijn geen chromosomen zichtbaar.

Tijdens de celdeling worden de chromosomen zichtbaar.

De chromosomen komen in **chromosomenparen** voor. De beide chromosomen van een paar zijn bijna allemaal gelijk in grootte en vorm en bevatten de informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen. In afbeelding 3 zie je een chromosomenportret. Hierin zijn de chromosomenparen gerangschikt naar grootte en vorm.

Afb. 3 Een chromosomenportret.

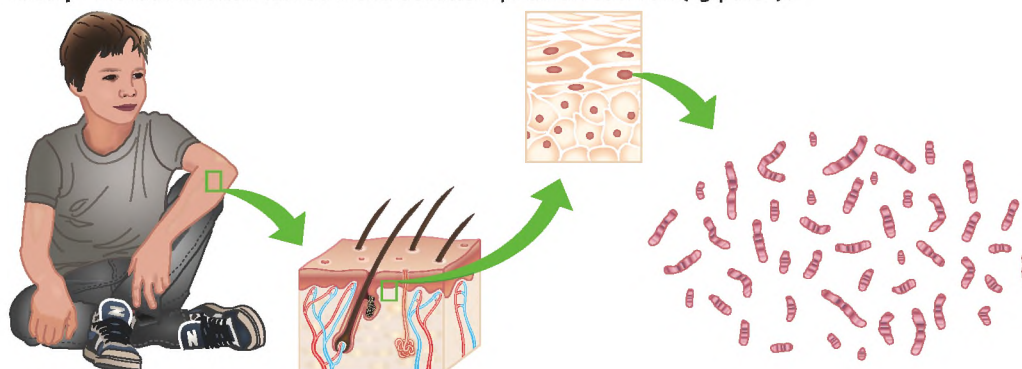


AANTAL CHROMOSOMEN

Het lichaam van een mens is opgebouwd uit **lichaamscellen**. Elke celkern van een lichaamscel van een mens bevat 46 chromosomen. Dat zijn 23 chromosomenparen per celkern (zie afbeelding 4). Voorbeelden van lichaamscellen zijn huidcellen, levercellen en spiercellen.

Elk soort organisme heeft in de kernen van de lichaamscellen een vast aantal chromosomen. Dit is altijd een even getal.

Afb. 4 Lichaamscellen van de mens bevatten 46 chromosomen (23 paren).



KENNIS

1

- a Uit welke twee stoffen bestaat een chromosoom? uit
- b Welke stof bevat de informatie voor al je erfelijke eigenschappen?
- c Hoeveel chromosomen bevat de kern van een cel van je lever?
- d Hoeveel chromosomen bevat de kern van een beencel van een mens?
- e Bevat één enkele cel van je huid de complete informatie voor al je erfelijke eigenschappen? *ja / nee*
- f Het aantal chromosomen in een lichaamscel is altijd een *even / oneven* getal.

2

- a Chromosomen liggen in *de celkern / het cytoplasma*.
- b Chromosomen komen in lichaamscellen *enkelvoudig / in paren* voor.
- c Het aantal chromosomen in een spiercel is *kleiner dan / gelijk aan / groter dan* het aantal chromosomen in een huidcel.

3

**Samenvatting**

Maak de samenvatting van de basisstof af.

- Chromosomen liggen in en bestaan uit
De informatie voor is opgeslagen in
- Elk soort organisme heeft chromosomen in elke celkern.
De kern van elke van een mens bevat 46 chromosomen.
- In elke komen de chromosomen voor in
De kern van elke van een mens bevat 23 chromosomen.

INZICHT

Maak de volgende opdrachten in je schrift.

4

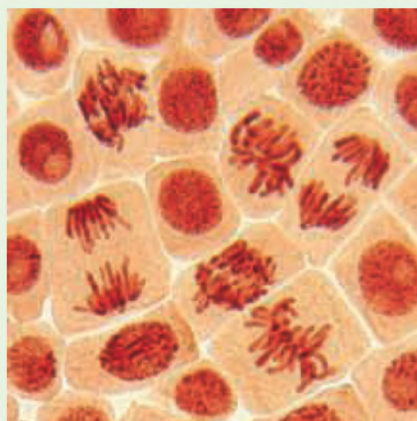
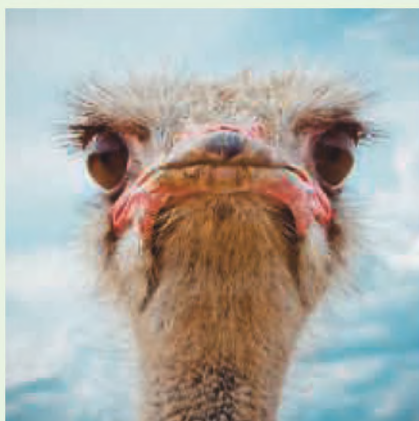
Lees de tekst 'Lieveledingsdier'.

- a Luca zegt dat een lichaamscel van een struisvogel geen 37 chromosomen kan bevatten.
Leg uit waarom dit inderdaad niet kan.
- b Luca blijkt gelijk te hebben. Een levercel van een struisvogel bevat 80 chromosomen.
Hoeveel paren chromosomen bevat een huidcel van de struisvogel?
- c Hoe komt het dat het aantal chromosomen in de cel van een organisme een even getal is?
- d Zijn op de foto van Martijn delende cellen te zien? Leg je antwoord uit.
- e Zijn de cellen op de foto waarschijnlijk de cellen van een struisvogel? Leg je antwoord uit.
- f Twee cellen van een struisvogel zijn een oogcel en een huidcel.
Welke van deze cellen bevat of bevatten de erfelijke informatie voor de bruine oogkleur van de struisvogel? Leg je antwoord uit.

Afb. 5

Lievelingsdier

Struisvogels zijn Luca's lievelingsdieren. Hij praat er graag over: 'Struisvogels kijken zo grappig met hun grote bruine ogen. Voor biologie moet ik samen met Martijn een werkstuk maken over de cellen en chromosomen van een dier. Dat wordt dus de struisvogel.' Martijn komt aanlopen met een papiertje in zijn hand en zegt: 'Kijk hier, ik heb al wat gevonden. Een struisvogel heeft 37 chromosomen per lichaamscel. En dit zijn cellen met de chromosomen van een struisvogel.' (Zie de foto van de cellen.) Volgens Luca klopt dit niet. Hij zegt: 'Dat kan niet, 37 chromosomen. Je hebt niet goed gekeken.'



5

In afbeelding 6 zie je een chromosomenportret.

- Kan dit chromosomenportret afkomstig zijn van een konijn (zie tabel 1)? Leg je antwoord uit.
- Noura weet zeker dat het een chromosomenportret van een mens is. Volgens Imre kan het alleen een chromosomenportret van een veldmuis zijn. Wie heeft gelijk? Leg je antwoord uit.
- Sommige mensen denken dat organismen met meer chromosomen per celkern slimmer zijn dan organismen met minder chromosomen per celkern. Leg aan de hand van tabel 1 uit dat deze mensen ongelijk hebben.

Afb. 6 Konijn, mens of veldmuis?



Tabel 1 Aantal chromosomen per lichaamscel.

Soort	Aantal
Aardappel	48
Adelaarsvaren	104
Bananenvlieg	8
Cavia	64
Goudvis	94
Heremietkreeft	254
Hond	78
Huisvlieg	12
Kat	38
Konijn	44
Mens	46
Paard	64
Ui	16
Veldmuis	46

+ 6

Een aardbei is een voorbeeld van een octoploïd organisme. Dat wil zeggen dat in de kern van de lichaamscellen van een aardbeienplant elk chromosoom acht keer voorkomt. Octo betekent namelijk acht.

- a** Een aardbeienplant heeft zeven verschillende chromosomen.
Hoeveel chromosomen bevat een celkern van een lichaamscel van een aardbeienplant?
- b** In afbeelding 7 zie je een aardbeienplant met uitlopers, waaruit nieuwe plantjes groeien. Deze uitlopers komen allemaal uit één aardbeienplant.
Hebben de nieuwe plantjes dezelfde chromosomen als de plant waaruit de uitlopers groeien? Leg je antwoord uit.

Afb. 7 Een aardbeienplant met uitlopers.



 Ga naar de *extra opdrachten*, *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

5 Gewone celdeling (mitose)

LEERDOEL

1.5.1 Je kunt beschrijven hoe een gewone celdeling (mitose) verloopt, wat het doel van de mitose is en wat de kenmerken ervan zijn.

- Leren onderzoeken 1 en 2
- Practicum 6

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	1.5.1
Onthouden	1b, 2a
Begrijpen	1acde, 2b, 3, 4a
Toepassen	4bc, 5, 6a, 7a
Analyseren	6bc, 7b

Ieder mens is ooit ontstaan uit één cel (een bevruchte eicel). Een volwassene van 20 jaar bestaat uit ongeveer honderdduizend miljard cellen. In twintig jaar zijn er dus heel veel cellen bijgekomen.

DE VORMING VAN NIEUWE CELLEN

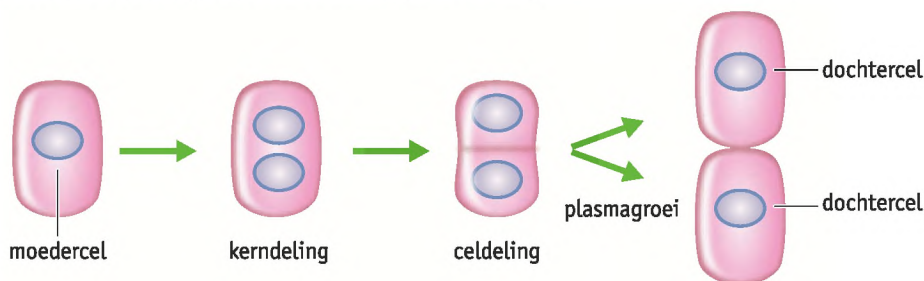
Elk uur vormt je lichaam veel nieuwe cellen. Door deze nieuwe cellen kun je groeien. Maar ook als organismen niet groeien, worden er nieuwe cellen gemaakt. Die zijn nodig om bijvoorbeeld een wond te herstellen of om oude cellen te vervangen.

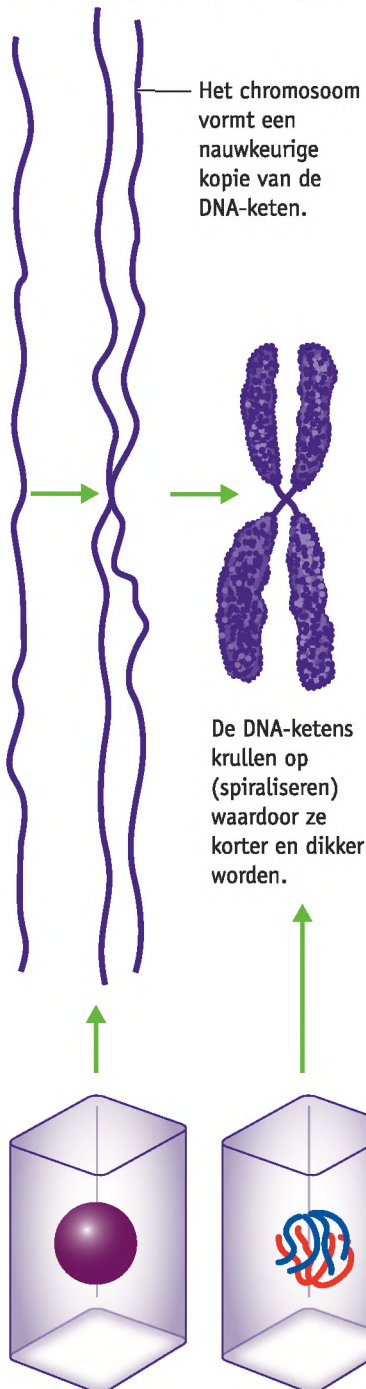
De vorming van nieuwe lichaamscellen verloopt bij alle organismen op een vergelijkbare manier (zie afbeelding 1):

- 1 **Kerndeling:** de celkern deelt zich in tweeën.
- 2 **Celdeling:** het cytoplasma deelt zich in tweeën zodat twee cellen ontstaan.
- 3 **Plasmagroei:** de gedeelde cellen vormen extra cytoplasma.

Na de celdeling zijn uit één cel (de **moeder cel**) twee nieuwe cellen ontstaan (de **dochter cellen**). Door plasmagroei wordt elke dochter cel net zo groot als de oorspronkelijke moeder cel.

Afb. 1 De vorming van nieuwe cellen (schematisch).



Afb. 2 De gewone celdeling (mitose).**DE GEWONE CELDELING**

Nieuwe lichaamscellen ontstaan door **gewone celdeling** of **mitose**. In afbeelding 2 zie je in zes stappen wat er precies gebeurt bij de gewone celdeling. Als een cel zich niet deelt, zijn de chromosomen niet zichtbaar (zie stap 1 en 6 van afbeelding 2).

Een gewone celdeling verloopt als volgt:

- Stap 1: **kopiëren** van de chromosomen. Als voorbereiding op de kerndeling vormt elk chromosoom een kopie van zichzelf (het origineel). Je ziet dat hiernaast getekend, boven de cel van stap 1. De beide DNA-ketens zitten op één plaats aan elkaar vast.
- Stap 2: **spiraliseren** van de DNA-ketens. De DNA-ketens van elk chromosoom rollen op tot een spiraal. Hierdoor worden de chromosomen korter en dikker. Je ziet dat hiernaast getekend, boven de cel van stap 2. De chromosomen worden daardoor zichtbaar door een microscoop.
- Stap 3, 4 en 5: kerndeling. De twee DNA-ketens (origineel en kopie) van elk chromosoom gaan uit elkaar. Het ene punt waarop ze aan elkaar vastzitten, laat los. Elke dochtercel krijgt van elk chromosoom een van de twee DNA-ketens. Elke dochtercel bevat daardoor dezelfde informatie voor erfelijke eigenschappen als de moedercel. Het zijn dus exacte kopieën van de moedercel.
- Stap 5 en 6: celdeling. Tussen de kernen van beide dochtercellen ontstaan twee celmembranen. Daardoor wordt het cytoplasma van beide dochtercellen gescheiden. Er zijn nu twee dochtercellen ontstaan.

- 1 Als een cel niet deelt, zijn de chromosomen niet te zien. Van elke DNA-keten ontstaat een kopie.
- 2 Aan het begin van de celdeling worden de DNA-ketens korter en dikker.
- 3 De chromosomen gaan in het midden van de cel liggen. De twee DNA-ketens van elk chromosoom gaan uit elkaar.
- 4 Het origineel en de kopie van elke DNA-keten zijn elk naar een andere kant van de cel getrokken.
- 5 Er ontstaan twee kernen en twee celmembranen tussen de kernen.
- 6 Er zijn twee cellen ontstaan. De DNA-ketens zijn niet meer zichtbaar.

Beide dochtercellen bevatten dezelfde erfelijke informatie.

KENNIS

1

- a Als een organisme groeit, neemt het aantal cellen *af* / *toe*.
- b Wat is een ander woord voor de gewone celdeling?
- c Door welk proces zijn na een celdeling de dochtercellen net zo groot als de moedercel?
.....
- d Door welk proces worden de chromosomen van een delende cel zichtbaar door een microscoop?
.....
- e Tijdens een kerndeling bestaat een chromosoom uit twee DNA-ketens.
Door welk proces bevatten deze twee ketens precies dezelfde erfelijke informatie?
.....

2

- a Na een gewone celdeling bevat elke dochtercel:
- ☐ A minder chromosomen dan de moedercel.
 - ☐ B evenveel chromosomen als de moedercel.
 - ☐ C meer chromosomen dan de moedercel.
- b Na een gewone celdeling bevat elke dochtercel:
- ☐ A andere erfelijke informatie dan de moedercel.
 - ☐ B dezelfde erfelijke informatie als de moedercel.

3

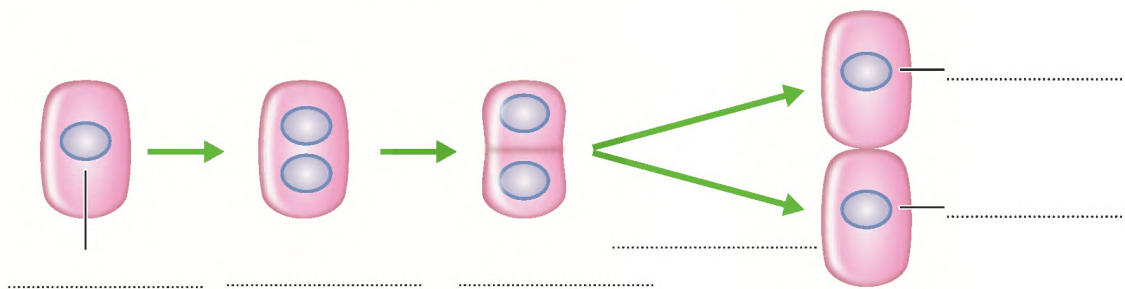
**Samenvatting**

Maak een samenvatting van de basisstof.

- Vul in afbeelding 3 de namen van de stappen en de cellen in.

Afb. 3

gewone celdeling (.....)



- Tijdens een celdeling kopiëren en spiraliseren de chromosomen zich. Leg uit wat er tijdens deze processen gebeurt.

Kopiëren:

.....

.....

Spiraliseren:

.....

.....

INZICHT

Maak de volgende opdrachten in je schrift.

4

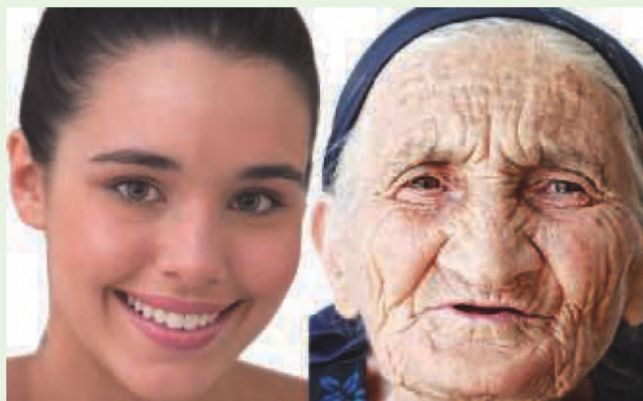
Lees de tekst 'Jong en strak door celdeling'.

- a Uit hoeveel cellen bestaat een 20-jarige ongeveer? Geef je antwoord in cijfers.
- b Je lichaam vormt per uur ongeveer één miljard (1 000 000 000) nieuwe cellen door celdeling. Er gaan ook cellen dood. Bij een meisje gaan per uur 900 000 000 (negenhonderd miljoen) cellen dood. Bij dit meisje komen er 10% meer cellen bij dan er doodgaan.
Hoeveel nieuwe cellen worden bij dit meisje per uur gevormd? Leg je antwoord uit met een berekening.
- c Bij sommige ouderen duurt het lang voordat een wondje is genezen. Leg dit uit.

Afb. 4

Jong en strak door celdeling

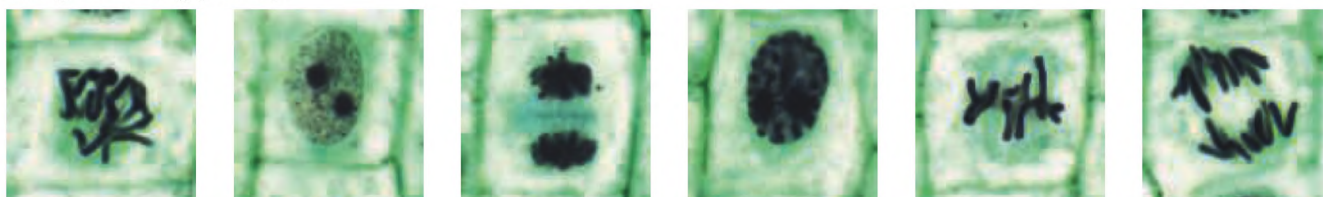
Terwijl je deze zin leest, maakt je lichaam ongeveer één miljoen nieuwe cellen. Per uur vormt je lichaam zo'n miljard nieuwe cellen door celdeling. Maar bij een 80-jarige zijn dat er veel minder. Als je jong bent en groeit, vormt je lichaam heel veel nieuwe cellen. Hoe ouder je wordt, hoe langzamer de celdeling gaat. Op een gegeven moment kunnen veel cellen niet meer delen. Oude versleten cellen worden dan niet meer vervangen.



5

In afbeelding 5 zie je zes foto's van de gewone celdeling (mitose). Zet de foto's in de juiste volgorde. Begin met foto B.

Afb. 5 Celdeling (mitose).



A

B

C

D

E

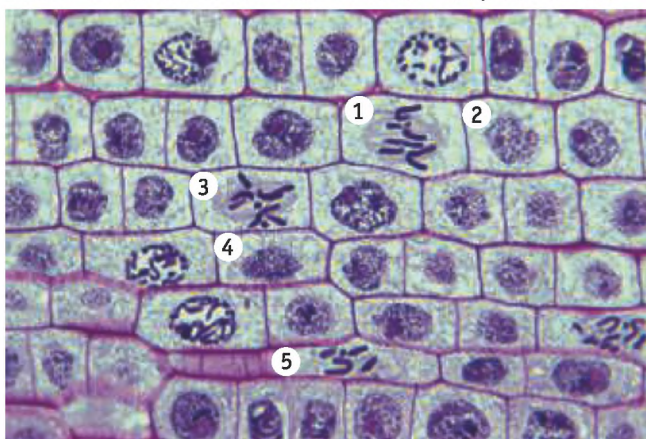
F

6

In afbeelding 6 zie je verschillende cellen van een worteltop van een ui. Een aantal cellen is genummerd.

- a In welke genummerde cellen vindt celdeling plaats?
- b Aan het uiteinde van een wortel zie je veel delende cellen. Midden in een wortel zie je minder delende cellen.
Leg uit dat bij het uiteinde van de wortel meer celdelingen plaatsvinden.
- c Op welke andere plaatsen in een plant kun je veel delende cellen vinden?

Afb. 6 De verschillende cellen in de worteltop van een ui.



+ 7

De celcyclus is het herhalende proces van celdeling, plasmagroei en een volgende celdeling. De celcyclus verloopt niet op elke leeftijd even snel.

- a Bij wie verloopt de celcyclus van botcellen sneller: bij een baby of bij een volwassene? Leg je antwoord uit.
- b Ook de verschillende celtypen delen niet allemaal even snel. Een huidcel wordt elke veertien dagen vervangen. De cellen van de wand van je darmen gaan maar drie tot vier dagen mee.
Leg uit waarom de celcyclus van de darmwandcellen zo kort is.

 Ga naar de *extra opdrachten*, *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

6 Reductiedeling (meiose)

LEERDOELEN

- 1.6.1 Je kunt beschrijven hoe een reductiedeling (meiose) verloopt, wat het doel van de meiose is en wat de kenmerken ervan zijn. ► Leren onderzoeken 3
► Practicum 7
- 1.6.2 Je kunt de verschillen in de bouw van zaadcellen en eicellen noemen.
- 1.6.3 Je kunt beschrijven hoe geslachtschromosomen het geslacht van een mens bepalen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	1.6.1	1.6.2	1.6.3	1.4.1*
Onthouden	1abcd	2c	2abd	
Begrijpen	1e, 2e, 3, 4, 5a	4	4, 6ab	
Toepassen	5c, 7a		6c	5d
Analyseren	5b, 7b	6de		7c

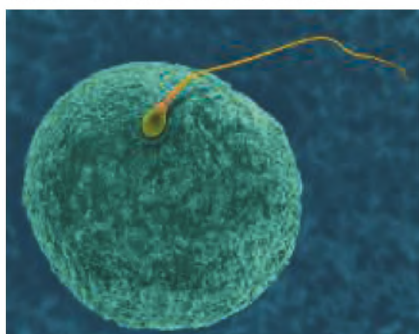
* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

De ene helft van jouw erfelijke eigenschappen heb je van je moeder gekregen, de andere helft van je vader. Deze erfelijke eigenschappen worden doorgegeven via geslachtscellen. De celdeling bij geslachtscellen gaat anders dan de gewone celdeling.

REDUCTIEDELING (MEIOSE)

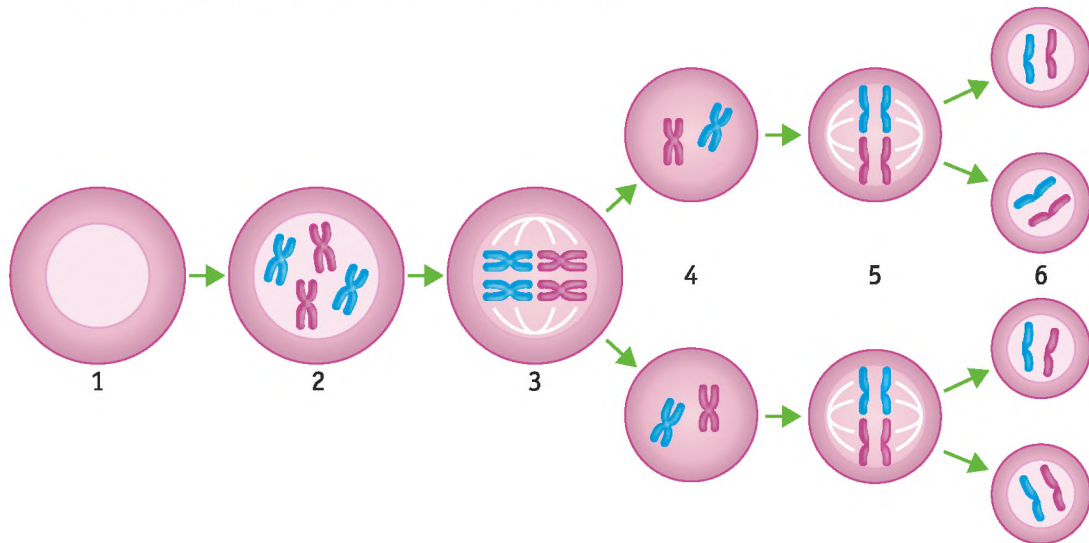
Mensen planten zich geslachtelijk voort met geslachtscellen. **Zaadcellen** zijn mannelijke geslachtscellen en **eicellen** zijn vrouwelijke geslachtscellen. Zaadcellen zijn veel kleiner dan eicellen en hebben een zweepstaart. Eicellen hebben geen zweepstaart (zie afbeelding 1).

Afb. 1 Een eicel en een zaadcel.



Menselijke geslachtscellen hebben maar 23 chromosomen. Dit komt doordat geslachtscellen ontstaan na een **reductiedeling** of **meiose**. Reductie betekent vermindering. **Geslachtscellen** bevatten maar één chromosoom van elk chromosomenpaar. Een geslachtscel bevat dus 23 chromosomen.

Een reductiedeling verloopt in stappen, net als een gewone celdeling. Dit kun je zien in afbeelding 2. In dit voorbeeld zijn twee paar chromosomen getekend in elke lichaamscel. Het ene paar is roze gekleurd, het andere paar blauw.

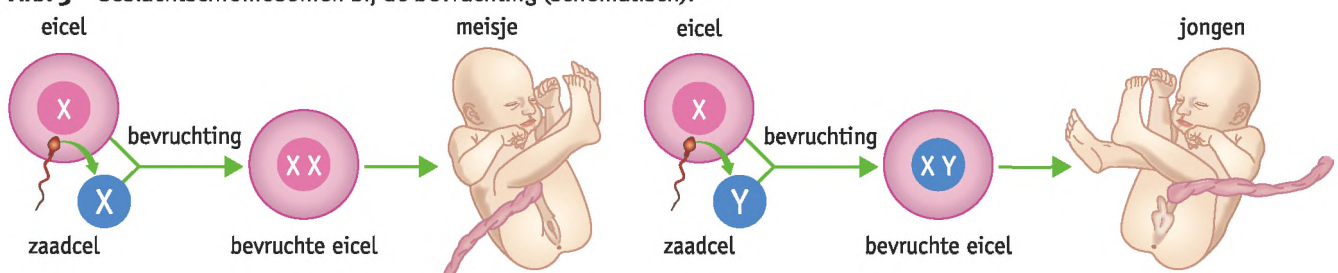
Afb. 2 Het verloop van een reductiedeling (schematisch).

- 1 Cel waaruit de geslachtscellen ontstaan. De chromosomen zijn niet te zien. Alle chromosomen zijn in paren aanwezig.
- 2 Van elke DNA-keten ontstaat een kopie. De DNA-ketens worden korter en dikker. De chromosomen zijn nu zichtbaar.
- 3 Het kernmembraan verdwijnt. De chromosomen gaan in het midden van de cel liggen. De chromosomenparen gaan uit elkaar.
- 4 De cel deelt: in elke dochtercel zit één chromosoom met twee DNA-ketens.
- 5 De twee DNA-ketens van elk chromosoom gaan uit elkaar.
- 6 Er zijn vier cellen ontstaan. Per cel komt elk chromosoom slechts één keer (enkelvoudig) voor. (De chromosomen zijn nu niet meer te zien, maar voor de duidelijkheid wel getekend.)

GESLACHTSCHROMOSOMEN BIJ DE BEVRUCHTING

Bij de bevruchting versmelt de kern van een eikel met de kern van een zaadcel. Daarbij worden 23 chromosomenparen gevormd uit de enkelvoudige chromosomen in de eikel en de zaadcel. Een van die chromosomenparen bestaat uit twee **geslachtschromosomen**. Dit zijn de chromosomen die de erfelijke informatie bevatten voor het geslacht van de baby.

Er zijn twee geslachtschromosomen: een **X-chromosoom** en een **Y-chromosoom**. Meisjes hebben het chromosomenpaar **XX** en jongens het chromosomenpaar **XY**. De kern van een eikel bevat altijd een X-chromosoom. De kern van een zaadcel kan een X-chromosoom of een Y-chromosoom bevatten. Het chromosoom in de zaadcel bepaalt dus het geslacht van de baby. Dat zie je in afbeelding 3.

Afb. 3 Geslachtschromosomen bij de bevruchting (schematisch).

KENNIS

1

- a Hoeveel chromosomen komen voor in een eicel?
- b Hoeveel chromosomen komen voor in een zaadcel?
- c Hoeveel chromosomen komen voor in een bevruchte eicel?
- d Wat is een ander woord voor reductiedeling?
- e Wat is het doel van reductiedeling?

2

- a Met welke twee letters geef je de geslachtschromosomen van een meisje aan?
- b Met welke twee letters geef je de geslachtschromosomen van een jongen aan?
- c Welke geslachtscel kan zichzelf voortbewegen? *eicel / zaadcel*
- d Welke geslachtscel bevat altijd een X-chromosoom? *eicel / zaadcel*
- e Een zaadcel is ontstaan door een *gewone celdeling / reductiedeling*.

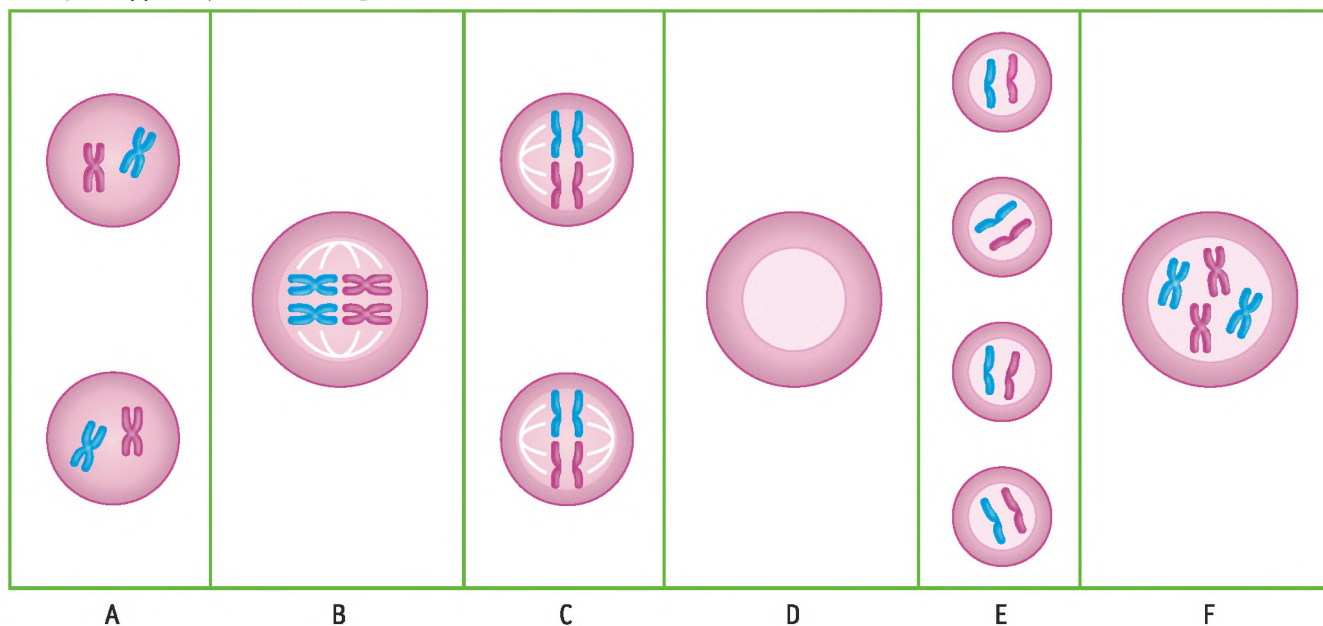
3

Bekijk afbeelding 4.

- a In de afbeelding staan de zes fasen van de reductiedeling in de verkeerde volgorde. Zet de letters van de fasen in de juiste volgorde.

- b Komen bij de tekeningen A, D, E en F de chromosomen enkelvoudig of in paren voor?
 Tekening A: de chromosomen komen *enkelvoudig / in paren* voor.
 Tekening D: de chromosomen komen *enkelvoudig / in paren* voor.
 Tekening E: de chromosomen komen *enkelvoudig / in paren* voor.
 Tekening F: de chromosomen komen *enkelvoudig / in paren* voor.

Afb. 4 Stappen bij reductiedeling.



4



Samenvatting

Maak in de tabel een samenvatting van de basisstof.

- Gebruik bij stap 4: *naast elkaar liggen – tegenover elkaar liggen*.
- Gebruik bij stap 5: *chromosomen van elk paar – DNA-ketens van elk chromosoom*.
- Gebruik bij stap 6: *enkelvoudig – in paren*.

Stap	Gewone celdeling	Reductiedeling
1 Een andere naam voor deze celdeling is		
2 Het doel van deze celdeling is		
3 Dit type cellen wordt gevormd.		
4 In het midden van de cel gaan de chromosomen van een paar		
5 Uit elkaar gaan de twee		
6 In de dochtercellen komen de chromosomen voor		

De twee typen geslachtschromosomen zijn en

In een eikel zit het geslachtschromosoom

In een zaadcel zit het geslachtschromosoom

Een meisje heeft het geslachtschromosomenpaar

Een jongen heeft het geslachtschromosomenpaar

INZICHT

Maak de volgende opdrachten in je schrift.

5

Elke diersoort heeft een vast aantal chromosomen in de kern van de lichaamscellen.

- a Van een bepaalde zoogdiersoort is het chromosomenaantal nog niet bekend. Een onderzoeker bekijkt een spiercel door een microscoop en telt 39 chromosomen. De onderzoeker heeft niet goed geteld. Leg uit hoe je dat kunt zien aan het aantal chromosomen.
- b Een andere onderzoeker telt in een geslachtscel van een vliegje 4 chromosomen. Kan dat, of heeft zij ook een fout gemaakt? Leg je antwoord uit.
- c In afbeelding 5 zie je een Chinese hamster. De kern van een bepaalde cel van de Chinese hamster bevat 11 chromosomen. Is dit de kern van een lichaamscel of van een geslachtscel? Leg je antwoord uit.
- d Hoeveel chromosomen bevat de kern van een niercel van de Chinese hamster?

Afb. 5 Een Chinese hamster.



6

Lees de tekst 'Meisjes zijn sterker, maar jongens zijn sneller'.

- a Een man en een vrouw willen graag een dochter. Moet de eicel worden bevrucht door een zaadcel met een X-chromosoom of een zaadcel met een Y-chromosoom?
- b Leeft een zaadcel met een X-chromosoom langer of korter dan een zaadcel met een Y-chromosoom?
- c Heeft een zaadcel met een X-chromosoom meer of minder tijd nodig om de eicel te bereiken? Leg je antwoord uit.
- d Leg uit waarom een eicel geen invloed heeft op welke zaadcel de eicel het eerst bevrucht.
- e Een eicel is veel groter dan een zaadcel. Leg uit welk voordeel zaadcellen hebben bij hun kleine formaat.

Afb. 6

Meisjes zijn sterker, maar jongens zijn sneller

Na de zaadlozing racen de zaadcellen naar de eicel om die te bevruchten. Alleen de snelste zaadcel wint en kan de eicel bevruchten. Daarna groeit die bevruchte eicel uit tot een kind. In deze race lijken de toekomstige meisjes in het nadeel. De zaadcel die samen met een eicel een meisje maakt, moet het zware X-chromosoom meenemen. De zaadcellen van toekomstige jongens hebben een veel lichter Y-chromosoom. Ze zijn daardoor sneller en hebben meer kans om de eicel te bevruchten.

Maar ook de toekomstige meisjes hebben een voordeel. Gemiddeld kunnen zaadcellen twee tot drie dagen overleven in het lichaam van de vrouw. De zaadcellen met een Y-chromosoom zijn het zwakst en sterven eerst. De toekomstige meisjes blijven langer in leven en hebben zo meer tijd om de eicel te vinden. Zo heeft de bevruchte eicel ongeveer evenveel kans om een meisje of een jongen te worden.

+ 7

Lees de tekst 'Kruisen met soorten' en bekijk tabel 1.

- Hoeveel chromosomen verwacht je in cellen van een muilezel en een muildier aan te treffen? Leg je antwoord uit.
- Tijdens welke fase van de meiose treedt er bij muilezels en muildieren een probleem op in verband met het aantal chromosomen in de cellen? Leg je antwoord uit.
- De kruising van een paard met een zebra in afbeelding 7 heeft een opvallend vachtpatroon. De kop en het achterlijf hebben de strepen van een zebra terwijl de schouder, voorpoten en borst de vacht van een paard hebben.
Leg uit dat dit niet kan komen doordat in de cellen van de kop en het achterlijf alleen chromosomen van de ezel zitten, terwijl in de cellen van de borst en de voorpoten alleen chromosomen van het paard zitten.

Afb. 7

Kruisen met soorten

Ezels en paarden zijn twee verschillende soorten. Toch kunnen ezels en paarden met elkaar worden gekruist. Uit een kruising tussen een ezel en een paard ontstaat een muilezel of een muildier. Een muilezel ontstaat uit een ezelin en een paardenhengst. Een paardenmerrie kan ook worden bevrucht door een ezel. Hieruit ontstaat een muildier.

Muildieren en muilezels zijn niet vruchtbaar. Dit komt waarschijnlijk door het verschil in het aantal chromosomen (zie tabel 1).

Ook zebra's en paarden kunnen met elkaar worden gekruist. Het resultaat hiervan zie je op de foto.



Tabel 1 Aantal chromosomen van enkele soorten.

Soort	Aantal chromosomen per celkern
Mens	46
Ezel	62
Paard	64

 Ga naar de *extra opdrachten*, *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

Samenvatting

BASIS 1

ORGANISMEN

1.1.1 Je kunt negen levenskenmerken van organismen noemen.

- Stofwisseling: alle omzettingen van de ene stof in de andere stof in een organisme.
- Negen levenskenmerken:
 - stofwisseling: ademhaling, voeding en uitscheiding
 - groei en ontwikkeling
 - reageren op prikkels, waaronder beweging
 - voortplanting

1.1.2 Je kunt de levensfasen van de mens noemen met de gemiddelde leeftijden en voorbeelden van ontwikkeling geven.

- De levensfasen van een mens:
 - baby (0–1½ jaar): groeispurt, leert zitten, reageert op andere mensen
 - peuter (1½–4 jaar): praten, lopen, torentje bouwen, met een lepel eten
 - kleuter (4–6 jaar): fietsen, beeldscherm gebruiken, samen spelen
 - schoolkind (6–12 jaar): lezen, schrijven, rekenen
 - puber (12–16 jaar): ontwikkeling van secundaire geslachtskenmerken, zoals groeispurt, borsten, baardgroei, pubishaar, nieuwe gevoelens
 - adolescent (16–21 jaar): zelfstandig worden
 - volwassene (21–65 jaar): werken, kinderen krijgen
 - oudere (65 jaar en ouder): lichamelijke problemen, soms ook geestelijke problemen

BEGRIPPEN

ademhaling

Opname van zuurstof en afgifte van koolstofdioxide, een van de negen levenskenmerken.

beweging

Verplaatsing van het lichaam of delen daarvan, een van de negen levenskenmerken.

geestelijke groei en ontwikkeling

Veranderen van de manier van denken, leren en voelen.

groei

Groter en zwaarder worden, een van de negen levenskenmerken.

levensfase

Periode in het leven van een mens, met eigen kenmerken (baby, peuter, kleuter, schoolkind, puber, adolescent, volwassene, oudere).

levenskenmerk

Verschijsel dat aangeeft dat iets leeft.

lichamelijke groei en ontwikkeling

Veranderen van grootte en vorm van het lichaam.

ontwikkeling

Verandering in de bouw van een organisme, een van de negen levenskenmerken.

organisme

Levend wezen.

reageren op prikkels

Activering van spieren of klieren na een waarneming, een van de negen levenskenmerken.

stofwisseling

Omzetting van stoffen in het lichaam van een organisme in andere stoffen, een van de negen levenskenmerken.

uitscheiding

Afvoer van afvalstoffen uit het lichaam, een van de negen levenskenmerken.

voeding

Opname van energierijke stoffen (eten en drinken), een van de negen levenskenmerken.

voortplanting

Nakomelingen krijgen, een van de negen levenskenmerken.

BASIS 2

DE BOUW VAN EEN ORGANISME

1.2.1 Je kunt de organisatieniveaus binnen een organisme benoemen en beschrijven.

- Biologen onderzoeken organismen op verschillende organisatieniveaus.
 - van groot naar klein: organisme, orgaanstelsel, orgaan, weefsel, cel
- Orgaanstelsel: een groep samenwerkende organen die samen een bepaalde functie hebben.
 - voorbeelden: ademhalingsstelsel, bloedvatstelsel, verteringsstelsel
- Orgaan: een deel van een organisme met een of meer functies.
 - Een orgaan bestaat uit weefsels.
- Weefsel: een groep cellen met dezelfde bouw en dezelfde functie(s).
 - voorbeelden: beenweefsel, bindweefsel, spierweefsel, zenuwweefsel
 - Bij veel weefsels zit tussencelstof tussen de cellen.
 - Er zijn verschillende soorten tussencelstof.
- Cel: alle organismen bestaan uit een of meer cellen.

BEGRIPPEN

cel

Kleinste bouwsteen van een organisme.

orgaan

Deel van het lichaam met een of meer functies.

orgaanstelsel

Samenwerkende groep organen, bijv. verteringsstelsel of ademhalingsstelsel.

organisatieniveau

Niveau van leven waar biologen naar kijken. Elk organisatieniveau is de bouwsteen voor het volgende niveau, bijvoorbeeld: organen zijn de bouwstenen van orgaanstelsels.

tussencelstof

Vormt samen met cellen een weefsel. Kenmerken van het weefsel hangen af van het type tussencelstof.

weefsel

Groep cellen met dezelfde vorm en functie.

BASIS 3

CELLEN VAN DIEREN EN PLANTEN

1.3.1 Je kunt delen benoemen van dierlijke en plantaardige cellen met hun kenmerken en functies.

- In cellen van planten en dieren komen de volgende delen voor:
 - celkern: regelt alles wat er in de cel gebeurt
 - kernmembraan: dun vlies om de kern
 - cytoplasma: bestaat uit water en opgeloste stoffen
 - celmembraan: een dun vlies om het cytoplasma
- In cellen van planten kunnen ook de volgende delen voorkomen:
 - vacuole(n): blaasje(s) in het cytoplasma, gevuld met vocht
Jonge plantencellen hebben veel kleine vacuolen.
Oudere plantencellen hebben één grote, centrale vacuole.
 - korrels: in het cytoplasma kunnen korrels voorkomen
Bladgroenkorrels (groen): hierin vindt fotosynthese plaats.
Kleurstofkorrels (geel, oranje of rood): geven bloemen en vruchten hun kleur.
Zetmeelkorrels (kleurloos): hierin is zetmeel opgeslagen.
Korrels kunnen van de ene soort overgaan in de andere soort.
- Celwand: een stevig laagje om de cel heen.
 - Een celwand behoort niet tot de cel, maar is tussencelstof.
- Intercellulaire ruimten: holten tussen de celwanden.
 - Intercellulaire ruimten zijn gevuld met lucht of water.

BEGRIPPEN**bladgroenkorrel**

Hierin vindt fotosynthese plaats; geeft planten hun groene kleur.

celkern

Regelt alles wat er in een cel gebeurt.

celmembraan

Dun vlies om een cel.

celwand

Stevige laag om een plantencel. De celwand is tussencelstof en behoort niet tot de cel.

cytoplasma

Stroperige vloeistof van water met opgeloste stoffen.

kleurstofkorrel

Geeft bloemen en vruchten hun opvallende kleur (geel, oranje, rood).

vacuole

Blaasje gevuld met vocht in een plantencel.

zetmeelkorrel

Hierin slaat de plant zetmeel op.

BASIS 4**CHROMOSOMEN****1.4.1 Je kunt de kenmerken van chromosomen beschrijven.**

- Chromosomen liggen in de celkern en bestaan uit DNA en eiwit.
 - DNA bevat de informatie voor erfelijke eigenschappen (bijv. de oogkleur of een huid met sproeten).
- Elk soort organisme heeft een vast aantal chromosomen in elke celkern.
 - Bij een mens bevat de kern van elke lichaamscel 46 chromosomen.
- In elke lichaamscel komen de chromosomen in paren voor.
 - Bij een mens bevat de kern van elke lichaamscel 23 paren chromosomen.

BEGRIPPEN**chromosoom**

Lange keten van DNA en eiwit in de celkern.

chromosomenpaar

In lichaamscellen komen chromosomen in tweetallen voor. De chromosomen van een paar bevatten informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen.

DNA

Stof waarin de informatie voor de erfelijke eigenschappen is opgeslagen.

erfelijke eigenschap

Eigenschap die je krijgt van je ouders, zoals de kleur van je ogen of een huid met sproeten.

lichaamscel

Cel waarin de chromosomen in paren voorkomen. Het aantal chromosomen is altijd een even getal.

BASIS 5**GEWONE CELDELING (MITOSE)****1.5.1 Je kunt beschrijven hoe een gewone celdeling (mitose) verloopt, wat het doel van de mitose is en wat de kenmerken ervan zijn.**

- Doel: de vorming van nieuwe cellen voor groei, herstel en vervanging.
- Eerst deelt de kern zich, daarna de cel.
 - Vóór de mitose bestaat elk chromosoom uit één lange dunne keten van DNA met eiwitten. De chromosomen zijn niet zichtbaar.
- Kerndeling:
 - Kopiëren: voordat de kerndeling begint, vormt elke DNA-keten een kopie van zichzelf.
 - Spiraliseren: aan het begin rollen de DNA-ketens zich op in een spiraal. De ketens worden korter en dikker. Hierdoor worden de chromosomen zichtbaar door een microscoop.
 - Tijdens de kerndeling worden de twee DNA-ketens van elk chromosoom van elkaar getrokken.
 - Er ontstaan twee kernen. Elk chromosoom bestaat nu weer uit één DNA-keten.

- Celdeling: scheiding van het cytoplasma door de vorming van een membraan tussen beide kernen.
 - Er zijn nu twee dochtercellen ontstaan. De chromosomen worden weer onzichtbaar.
- Kenmerken mitose: doordat elk chromosoom (met het DNA) in de moedercel is gekopieerd:
 - bevat elke dochtercel dezelfde informatie voor erfelijke eigenschappen als de moedercel.
 - bevat elke dochtercel evenveel chromosomen als de moedercel.
- Plasmagroei: na de celdeling vormt elke dochtercel extra cytoplasma. Hierdoor wordt elke dochtercel net zo groot als de moedercel.

BEGRIPPEN

celdeling

Laatste stap van de gewone celdeling: het cytoplasma deelt zich in tweeën zodat twee cellen ontstaan.

dochtercellen

Twee nieuwe cellen die ontstaan na celdeling.

gewone celdeling

Mitose. Uit een moedercel ontstaan twee dochtercellen met dezelfde chromosomenparen als de moedercel.

kerndeling

De twee DNA-ketens van elk chromosoom worden van elkaar getrokken, de celkern deelt zich in tweeën.

kopiëren

Als voorbereiding op de kerndeling vormt elk chromosoom een kopie van zichzelf.

mitose

Gewone celdeling. Uit een moedercel ontstaan twee dochtercellen met dezelfde chromosomenparen als de moedercel.

moedercel

Cel die zich deelt.

plasmagroei

Toename van de hoeveelheid cytoplasma in een dochtercel.

spiraliseren (opkrullen)

Chromosomen worden korter en dikker doordat ze zich oprollen als een spiraal.

BASIS 6

REDUCTIEDELING (MEIOSE)

1.6.1 Je kunt beschrijven hoe een reductiedeling (meiose) verloopt, wat het doel van de meiose is en wat de kenmerken ervan zijn.

- Doel van reductiedeling: geslachtscellen vormen.
 - Eicellen en zaadcellen zijn geslachtscellen.
- Het aantal chromosomen halveert na reductiedeling.
 - In lichaamscellen komen de chromosomen in paren voor.
 - Bij reductiedeling wordt het aantal chromosomen per cel gehalveerd.
 - In geslachtscellen komen de chromosomen in enkelvoud voor.
 - In eicellen en spermacellen komen dus 23 chromosomen voor.
- Bij de bevruchting smelten één eikel en één zaadcel samen.
 - Na de bevruchting komen chromosomen weer in paren voor.
 - De bevruchte eikel bevat weer het normale aantal chromosomen. Bij de mens zijn dit 46 chromosomen.

1.6.2 Je kunt de verschillen in de bouw van zaadcellen en eicellen noemen.

Zaadcellen	Eicellen
Klein	In verhouding groot
Kunnen zelf bewegen (met zweepstaart)	Kunnen niet zelf bewegen

1.6.3 Je kunt beschrijven hoe geslachtschromosomen het geslacht van een mens bepalen.

- Bij de mens komen in een geslachtscel 23 chromosomen voor:
 - 22 ‘gewone’ chromosomen
 - 1 geslachtschromosoom
- De geslachtschromosomen bepalen of iemand een man of een vrouw is.
- Bij een man:
 - in een lichaamscel twee ongelijke geslachtschromosomen (XY)
 - in een zaadcel een X-chromosoom of een Y-chromosoom
- Bij een vrouw:
 - in een lichaamscel twee gelijke geslachtschromosomen (XX)
 - in een eikel een X-chromosoom
- Het geslacht van een mens wordt bepaald op het moment van bevruchting. De zaadcel bepaalt het geslacht:
 - Een meisje ontstaat als een eikel (met een X-chromosoom) wordt bevrucht door een zaadcel met een X-chromosoom.
 - Een jongen ontstaat als een eikel (met een X-chromosoom) wordt bevrucht door een zaadcel met een Y-chromosoom.

BEGRIPPEN

eikel

Vrouwelijke geslachtscel.

geslachtscel

Voortplantingscel met één chromosoom van elk chromosomenpaar.

geslachtschromosomen

Chromosomenpaar dat bepaalt of een baby een jongen of een meisje is.

meiose

Reductiedeling: vorming van geslachtscellen. Elke dochtercel krijgt de helft van elk chromosomenpaar.

reductiedeling

Meiose: vorming van geslachtscellen. Elke dochtercel krijgt de helft van elk chromosomenpaar.

X-chromosoom

Vrouwelijk geslachtschromosoom.

XX

Geslachtschromosomenpaar van een meisje.

XY

Geslachtschromosomenpaar van een jongen.

Y-chromosoom

Mannelijk geslachtschromosoom.

zaadcel

Mannelijke geslachtscel.

EXTRA 7



JE LICHAAM IN GETALLEN (VERDIEPING)

1.7.1 Je kunt berekeningen uitvoeren met gegevens over het menselijk lichaam.

EXTRA 8



VIRUSSEN (VERBREIDING)

1.8.1 Je kunt de kenmerken van virussen beschrijven.

- Virussen zijn erg klein en eenvoudig gebouwd.
 - Een virus bestaat uit een soort chromosoom met daaromheen eiwitten.
- Een virus is geen organisme, want het bestaat niet uit cellen.
- Een virus kan zich niet voortplanten.
 - Voor de voortplanting heeft een virus een gastheercel nodig.
 - Het chromosoom van het virus dringt de cel binnen.
 - De gastheercel maakt virusdelen.
 - In de gastheercel ontstaan nieuwe virussen.
 - De gastheercel gaat kapot; de nieuwe virussen komen vrij.

- Het type gastheercel is voor elk virus verschillend.
 - voorbeelden: het griepvirus gebruikt cellen van het longslijmvlies, het virus van kinderverlamming gebruikt zenuwcellen, het coronavirus gebruikt cellen van de luchtwegen
- Gastheren kunnen ziek worden doordat virussen hun cellen kapotmaken.

BEGRIPPEN**gastheercel**

Cel waarin een virus zich goed kan voortplanten.

virus

Ziekteverwekker die bestaat uit een soort chromosoom met daaromheen eiwitten.

ONDERZOEK**LEREN ONDERZOEKEN & PRACTICA**

- 1.0.1** Je kunt werken met een loep en een microscoop.
1.0.2 Je kunt een preparaat maken.
1.0.3 Je kunt een biologisch onderzoek voorbereiden, uitvoeren en beoordelen.

BEGRIPPEN**conclusie**

Beoordelen of het resultaat van het onderzoek overeenkomt met de hypothese.

controlegroep

Organismen die niet blootstaan aan de factor die je onderzoekt.

onderzoeksvraag

Vraag die precies omschrijft wat je wilt onderzoeken.

preparaat

Heel dun laagje weefsel of cellen op een glazen plaatje.

prepareermateriaal

Gereedschap om een preparaat te maken.

probleemstelling

De (algemene) vraag waarmee het onderzoek start.

proefgroep

Organismen die blootstaan aan de factor die je onderzoekt (bijvoorbeeld temperatuur).

resultaten van een onderzoek

Overzichtelijk weergegeven waarnemingen van een onderzoek.

uitvoering

Doen wat in het werkplan van een onderzoek staat.

verwachting

Vermoedelijke uitkomst van het onderzoek op basis van de hypothese.

waarnemingen

Wat je ziet, ruikt, hoort en/of voelt tijdens het onderzoek.

werkplan

Beschrijving van het onderzoek dat je wilt uitvoeren en hoe je dat gaat doen.

 Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

Examenopgaven

DE AXOLOTL

Bron: examen vmbo-gt 2019-1, vraag 9 en 13.

De axolotl (zie afbeelding 1) is een amfibie die zijn hele leven eigenschappen van een larve (jonge amfibie) houdt. Hij heeft uitwendige kieuwen en een staartvin, waardoor hij goed aangepast is aan het leven in water. De axolotl eet kleine diertjes, zoals watervlooien. Hij kan prooidieren alleen goed waarnemen als ze bewegen. Het dier heeft geen natuurlijke vijanden, behalve zijn soortgenoten.

Afb. 1 Axolotl.



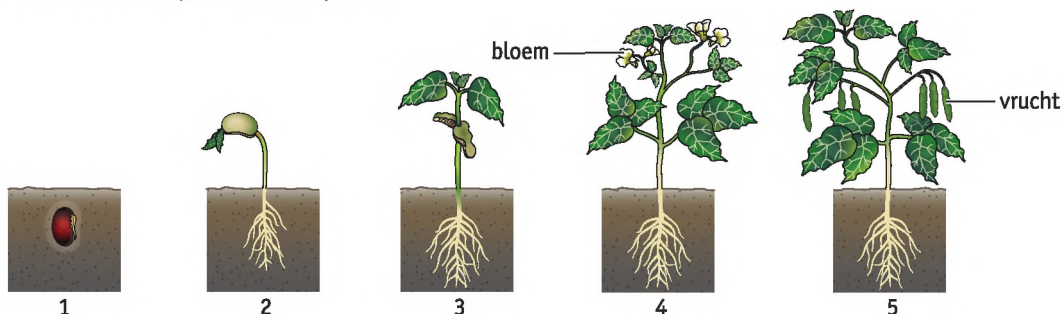
- 1p **1** De voorgaande informatie gaat over enkele levenskenmerken van de axolotl. Twee levenskenmerken zijn ademen en reageren op prikkels. Gaat de informatie over deze levenskenmerken?
- A Over geen van beide levenskenmerken.
 - B Alleen over ademen.
 - C Alleen over reageren op prikkels.
 - D Over ademen en over reageren op prikkels.
- 1p **2** Als een axolotl een poot verliest, groeit er op die plek vrijwel direct een klompje cellen. Alle cellen in dit klompje hebben dezelfde bouw. Vanuit dit klompje cellen groeit vervolgens een nieuwe poot, compleet met huid, spieren en bloedvaten. Bestaat het klompje cellen uit één type weefsel? En bestaat de nieuwe poot uit één type weefsel?
- A Geen van beide.
 - B Alleen het klompje cellen.
 - C Alleen de nieuwe poot.
 - D Het klompje cellen en de nieuwe poot.

EEN LEVENSCYCLUS

Naar: examen vmbo-gt 2017-1, vraag 20 en 21.

In afbeelding 2 zie je vijf stadia van de levenscyclus van een plant.

Afb. 2 Levenscyclus van een plant.



- 1p **3** Hoe heet stadium 1?
- 1p **4** Vindt in de periode van stadium 3 tot en met stadium 5 meiose plaats? En vindt in die periode mitose plaats?
- A Geen meiose en geen mitose.
 - B Alleen meiose.
 - C Alleen mitose.
 - D Meiose en mitose.

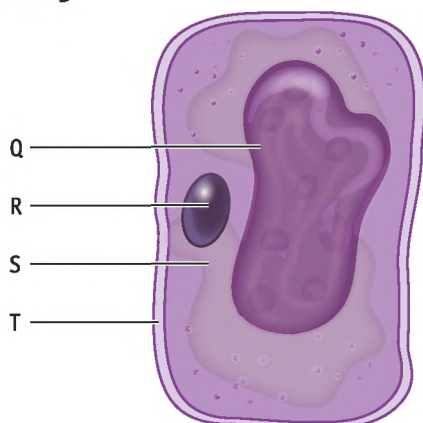
ANTHOCYAAAN

Naar: examen vmbo-gt 2017-1, vraag 9 en 10.

Anthocyaan is een paarse kleurstof die voorkomt in bloemen van veel planten, bijvoorbeeld van de grote leeuwenbek. De kleurstof bevindt zich in de vacuole van bloemcellen.

- 1p **5** In afbeelding 3 zie je een cel uit een paarse bloem van een grote leeuwenbek. Welke letter geeft een plaats aan waar zich anthocyaan bevindt?

Afb. 3



Het maken van anthocyaan wordt geregeld door een gen. Wetenschappers hebben zo'n gen vanuit een cel van een grote leeuwenbek overgebracht in een cel van een tomatenplant. Zo hebben ze tomatenplanten kunnen kweken met paarse tomaten. Paarse tomaten bevatten dezelfde stoffen als rode tomaten, maar veel meer anthocyaan.

- 2p **6** Een onderzoeker vermoedt dat veel anthocyaan in de voeding kan helpen om een verhoogde bloeddruk te verlagen. Hij wil dit onderzoeken door patiënten met een verhoogde bloeddruk dagelijks sap van paarse tomaten te laten drinken. Schrijf een werkplan op voor dit onderzoek.

MALARIA

Naar: examen vmbo-gt 2016-1, vraag 16 en 17.

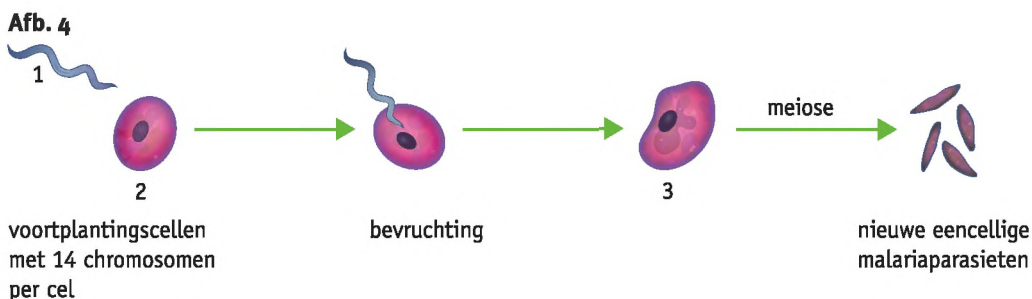
Malaria is een infectieziekte die vooral in Afrika voorkomt. De ziekte wordt veroorzaakt door eencellige parasieten die worden overgebracht door malariamuggen. In de lever van mensen planten de eencellige parasieten zich voort door mitose (= gewone celdeling). De parasieten komen daarna in het bloed terecht en dringen rode bloedcellen binnen. Ook in rode bloedcellen vermenigvuldigen ze zich door mitose. Sommige van de eencellige nakomelingen ontwikkelen zich tot voortplantingscellen. Als een malariamug bloed met deze voortplantingscellen opzuigt, komen ze in de darmen van de mug terecht waar bevruchting plaatsvindt.

- 1p **7** Malariaparasieten planten zich voort in de darmen van muggen en in de lever van mensen.

Waar vindt geslachtelijke voortplanting plaats?

- A Alleen in de darmen van muggen.
- B Alleen in de lever van mensen.
- C In de darmen van muggen en in de lever van mensen.

In afbeelding 4 zie je enkele gebeurtenissen tijdens de levenscyclus van malariaparasieten. Anders dan bij mensen treedt bij deze parasieten meiose op ná de bevruchting.



- 3p **8** Geef voor cel 1, 2 en 3 aan wat voor soort cel het is. Kies uit: *bevruchte eicel* – *eicel* – *spermaceel*.

- 2p **9** Een voortplantingscel van een malariaparasiet bevat 14 chromosomen. Uit afbeelding 4 kun je afleiden hoeveel chromosomen een bevruchte eicel bevat en hoeveel chromosomen een nieuwe malariaparasiet bevat.
- a Hoeveel chromosomen bevat een bevruchte eicel van een malariaparasiet?
 - b Hoeveel chromosomen bevat een malariaparasiet die door meiose uit een bevruchte eicel ontstaat?

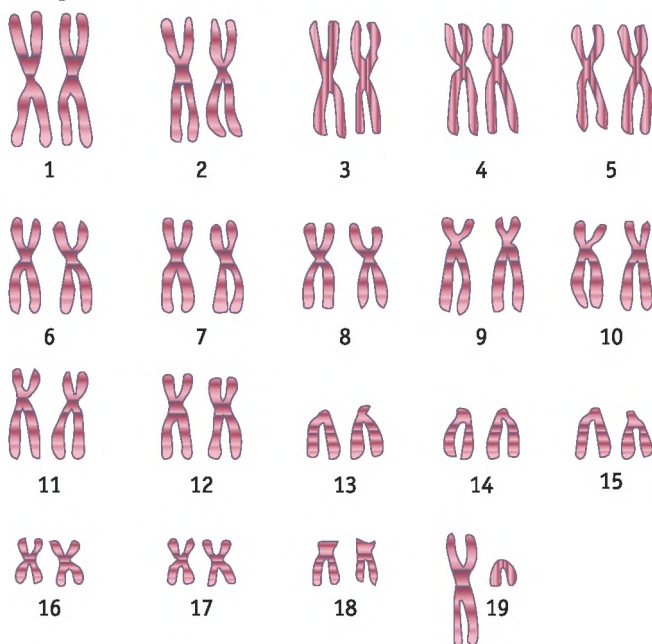
EVOLUTIE VAN DE KATACHTIGEN

Naar: examen vmbo-gt 2011-1, vraag 28.

Voor het opstellen van de stamboom in de afbeelding heeft men het DNA van verschillende soorten katachtigen onderzocht. Daarbij leverde vooral het DNA van de geslachtschromosomen veel informatie op. In afbeelding 5 zijn de chromosomen van een mannelijke huiskat weergegeven.

De paren chromosomen zijn met een cijfer aangegeven.

Afb. 5



- 2p **10** Het geslacht van een huiskat wordt op dezelfde manier bepaald als bij de mens. Met welk cijfer worden de geslachtschromosomen aangegeven? Leg uit waaraan je dat kunt zien in afbeelding 5.

 Ga naar de *extra Examenopgaven* en de *Examentraining*.