



**4a** HAVO

biologie voor jou  
LEEROPDRACHTENBOEK

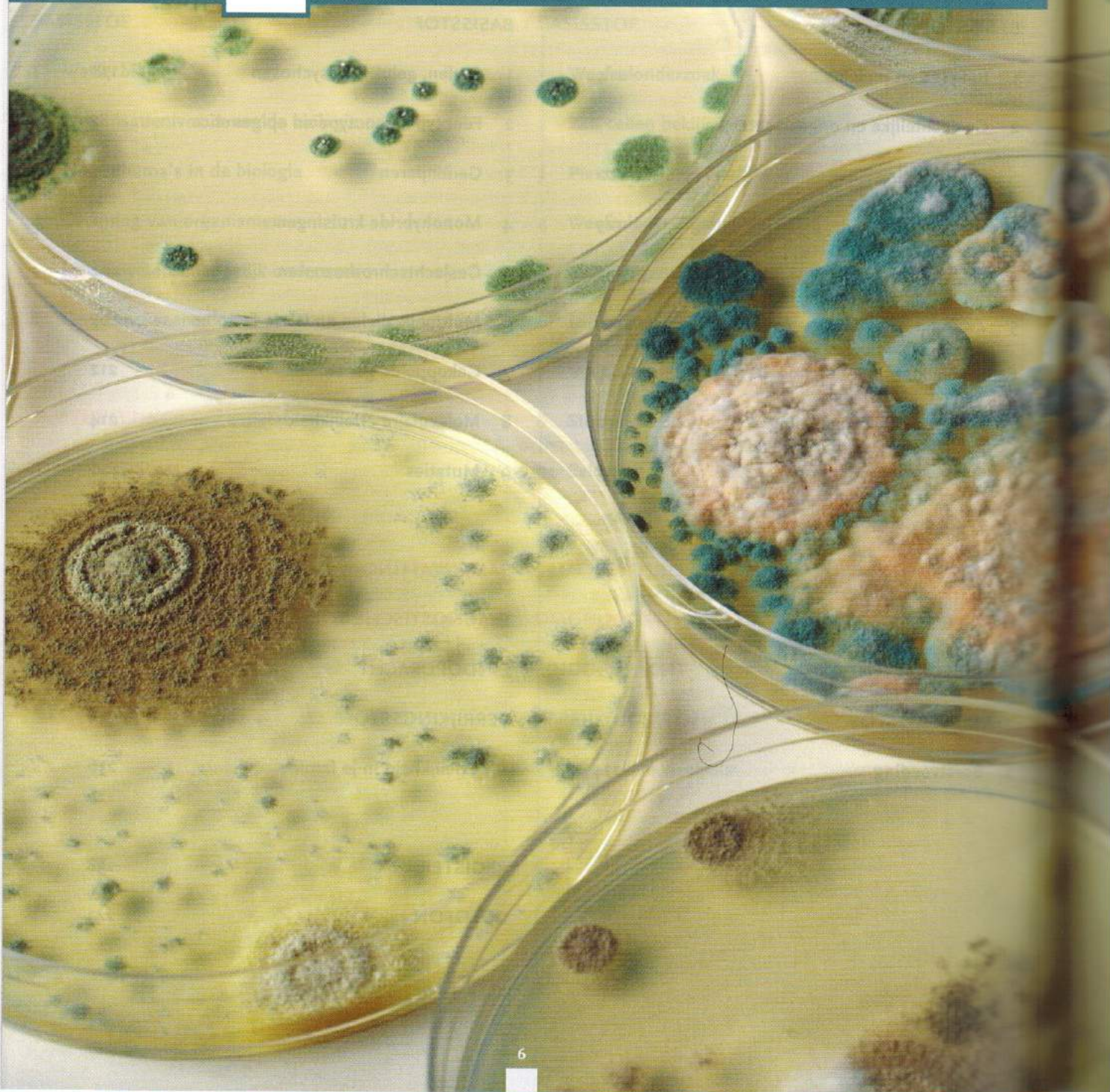
**bv**j

**MALM**BERG



# 1

# Inleiding in de biologie





**BASISSTOF**

1	Wat is biologie?	8
2	Organisatieniveaus van de biologie	13
3	Hoofdthema's in de biologie	16
4	Ordening van organismen	22
5	Natuurwetenschappelijk onderzoek	25
6	Onderzoeksaanpak	32

**SAMENVATTING**

38

**DIAGNOSTISCHE TOETS**

41

**EINDOPDRACHT**

47

**VERRIJKINGSSTOF**

49

## 1 Een onderzoek uitvoeren

49





In dit eerste thema krijg je een inleiding over wat je van biologie kunt verwachten. Je leert welke rol biologie vandaag in de maatschappij speelt, welke niveaus van de biologie er zijn en wat de belangrijkste thema's in de biologie zijn. Verder leer je de belangrijkste levensvormen op aarde en hun evolutionaire geschiedenis kennen. In de biologie worden levende wezens bestudeerd. Daarbij wordt veel onderzoek gedaan. In dit thema leer je zelf een onderzoek uit te voeren en daarvan een verslag te maken.

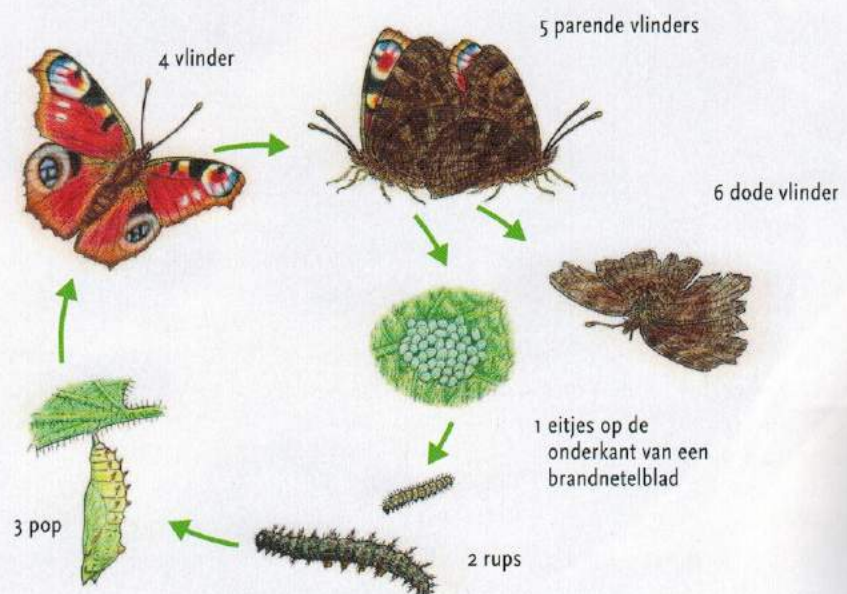
# 1 Wat is biologie?

In de biologie wordt studie gemaakt van **organismen** (levende wezens). Tot de organismen worden onder andere planten, dieren en mensen gerekend. Alle organismen vertonen **levensverschijnselen**. Levensverschijnselen zijn bijvoorbeeld **voortplanting** en **stofwisseling**. Onder stofwisseling verstaan we alle chemische (scheikundige) reacties in een organisme. Organismen kunnen ook **groeien** en zich **ontwikkelen**. Wanneer een organisme zich ontwikkelt, treden er veranderingen op in de bouw en het functioneren van een individu of van bepaalde delen ervan. Als een organisme geen levensverschijnselen meer vertoont, noemen we het **dood**. Er zijn in de natuur ook dingen die nooit hebben geleefd. Die noemen we **levenloos**. Hiertoe behoren bijvoorbeeld water, zuurstof, koolstofdioxide en gesteenten.

Elk individueel organisme (**individu**) heeft een levensloop. De **levensloop** eindigt met de dood van het individu. Hoewel elk individu doodgaat, heeft elke **soort** een **levenscyclus** (zie afbeelding 1). In de onderbouw heb je geleerd dat individuen tot de zelfde soort behoren als zij zich onderling kunnen voortplanten en daarbij vruchtbare nakomelingen kunnen voortbrengen.

In de cellen van een individu worden voortdurend moleculen omgezet in andere moleculen, bijvoorbeeld in de moleculen waaruit de cel is opgebouwd. Bij deze omzettingen spelen **enzymen** een belangrijke rol. Enzymen versnellen (katalyseren) de chemische reacties van stofwisselingsprocessen. In het thema Stofwisseling wordt verder ingegaan op de werking van enzymen.

► **Afb. 1** Tijdens de levenscyclus van een dagpauwoog vindt stofwisseling, voortplanting, groei en ontwikkeling plaats.

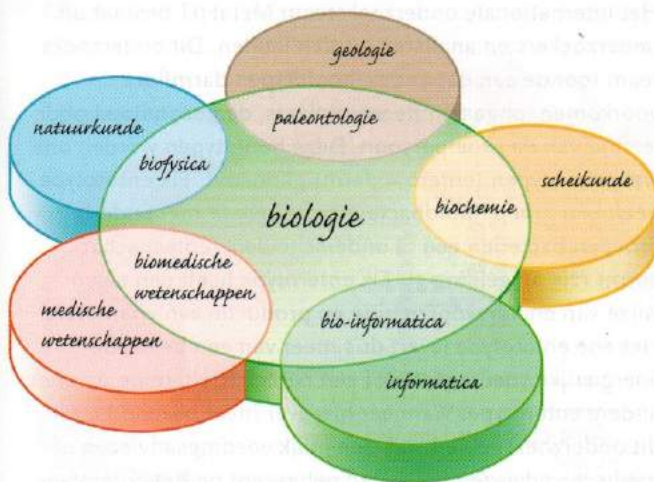




## BIOLOGIE EN ANDERE WETENSCHAPPEN

Biologie is een van de natuurwetenschappen. Andere natuurwetenschappen zijn scheikunde, natuurkunde en geologie. Tussen biologie en deze natuurwetenschappen bestaan overgangsgebieden, zoals biochemie, biofysica en paleontologie (zie afbeelding 2). Ook tussen biologie en andere wetenschappen bestaan overgangsgebieden. Bio-informatica bijvoorbeeld is een nieuw overgangsgebied tussen biologie en informatica (computerwetenschappen) dat sterk in opkomst is. De medische wetenschap is een combinatie van kennis op biologisch, medisch en farmacologisch gebied dat de geneeskunde mogelijk maakt. Biologen werken vaak samen in teams van wetenschappers uit verschillende vakgebieden (multidisciplinaire teams). Al deze (natuur)wetenschappen hebben bijgedragen aan de kennis van het leven die we nu hebben.

▼ **Afb. 2** Overgangsgebieden tussen de biologie en enkele andere wetenschappen.



## BIOLOGIE VANDAAG EN MORGEN

De afgelopen paar honderd jaar en vooral de laatste honderd jaar is het inzicht in de bouw en het functioneren van organismen sterk toegenomen. Deze toename wordt vooral veroorzaakt door de enorme groei van het aantal natuurwetenschappers en de revolutionaire ontwikkeling van nieuwe moleculaire biologische technieken. Kennis van en inzicht in biologische processen en systemen is steeds meer van belang bij belangrijke vraagstukken van de toekomst. Op het gebied van **voeding** en **voedselzekerheid**, **gezondheid**, **duurzame ontwikkeling**, **energie** en **veiligheid** zullen biologische kennis en vaardigheden een belangrijke rol spelen. Talloze vragen zijn nog onbeantwoord. Voorbeelden van deze vragen zijn: Is goedkope olie te produceren uit bijvoorbeeld genetisch gemodificeerde algen? Hoe kunnen ziekten het best worden voorkomen of worden bestreden en kunnen mensen in de toekomst 1000 jaar worden? Hoe warm zal de aarde worden en wat zullen de gevolgen daarvan zijn? Wat zijn effectieve methoden om de groeiende wereldbevolking te voeden? In afbeelding 3 tot en met 6 zie je voorbeelden van biologen en hun onderzoek die een bijdrage leveren aan het zoeken naar antwoorden op dergelijke vragen. We benaderen het vak biologie vaak vanuit de dagelijkse praktijk waarin biologie wordt gebruikt (de **context**): vanuit de leefwereld om je heen, vanuit de beroepspraktijk en vanuit wetenschappelijk onderzoek. Hierna volgt een voorbeeld van biologie in een context.

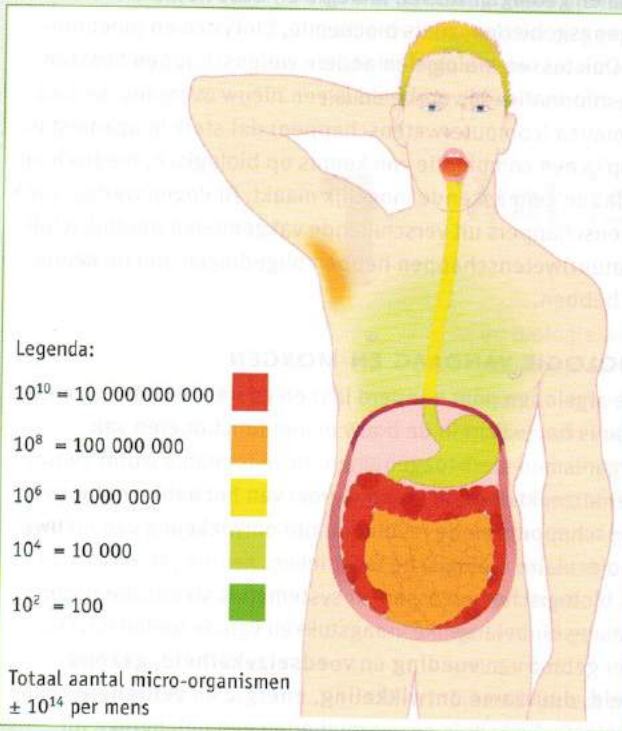
## DARMFLOORA

Het menselijk lichaam bevat zeer grote aantallen bacteriën. Op een vierkante centimeter aan de binnenkant van je wang bijvoorbeeld bevinden zich evenveel bacteriën als er mensen wonen op aarde, zo'n zes tot zeven miljard. De hoeveelheid bacteriën per lichaamsdeel kan enorm verschillen. Op droge huid komen de minste bacteriën voor, misschien een paar honderd per vierkante centimeter. In de dikke darm leven verreweg de grootste aantallen (zie afbeel-

ding 3). Een volwassen mens draagt ongeveer honderd biljoen bacteriën met zich mee; dat is bij elkaar anderhalve kilo aan bacteriën. Alle micro-organismen bij elkaar in het maag-darmkanaal worden de darmflora of microbiota genoemd. De darmflora bestaat voor het grootste deel uit bacteriën, maar ook schimmels en archaea komen voor. Archaea zijn eencelligen die wel wat op bacteriën lijken en meestal onder extreme omstandigheden leven. In basisstof 4 leer je daar meer over.



▼ **Afb. 3** Aantal micro-organismen per vierkante centimeter huid of slijmvliezen, per gram weefsel of per gram darminhoud.  
Naar: S. Baron, *Medical microbiology*, 1996.



Met behulp van DNA-technieken kunnen nu de verschillende soorten darmbewoners en hun aantallen in kaart worden gebracht. Tot voor kort kon alleen een klein deel daarvan in het laboratorium door analisten worden gekweekt. Dat is een kostbare en tijdrovende techniek. De DNA-analyses zijn veel sneller en goedkoper. De bedoeling

is om met deze DNA-technieken de relatie tussen de darmbacteriën en de gezondheid van hun gastheer, de mens, te doorgronden.

Uit experimenten blijkt bijvoorbeeld dat de darmflora een belangrijke rol speelt bij de vertering en opname van stoffen (zie afbeelding 4). Uit andere experimenten blijkt dat de soortensamenstelling van de darmflora invloed heeft op de ontwikkeling van overgewicht bij muizen en bij mensen. Ook van andere aandoeningen zoals diabetes type 1 en de ziekte van Crohn is bekend dat de soortensamenstelling van de darmflora afwijkend is van de soortensamenstelling bij gezonde mensen. Het vermoeden bestaat dat ook bij tal van andere ziekten en aandoeningen een verband bestaat tussen het type darmflora en de overeenkomstige aandoening.

Het internationale onderzoeksteam MetaHIT bestaat uit onderzoekers en analisten uit tien landen. Dit onderzoeksteam toonde aan dat er drie hoofdtypen darmflora voorkomen, ongeacht de woonplaats, de gezondheid of de leeftijd van de proefpersoon. Deze hoofdtypen worden ook wel enterotypen (entero = darm) genoemd. Elk enterotype heeft een groep hoofdbacteriën die samen met andere groepen bacteriën een te onderscheiden gemeenschap vormt (zie afbeelding 5). Elk enterotype heeft een eigen wijze van energievoorziening en productie van vitaminen. Het ene enterotype levert dus meer van een bepaalde energierijke voedingsstof of een bepaalde vitamine dan het andere enterotype. Wanneer hierover meer bekend is, zal dit onderzoeksgebied waarschijnlijk voedingsadviezen of medische adviezen opleveren gebaseerd op het enterotype dat je bezit.

▼ **Afb. 4**

## De invloed van de darmflora op de vertering van voedingsstoffen

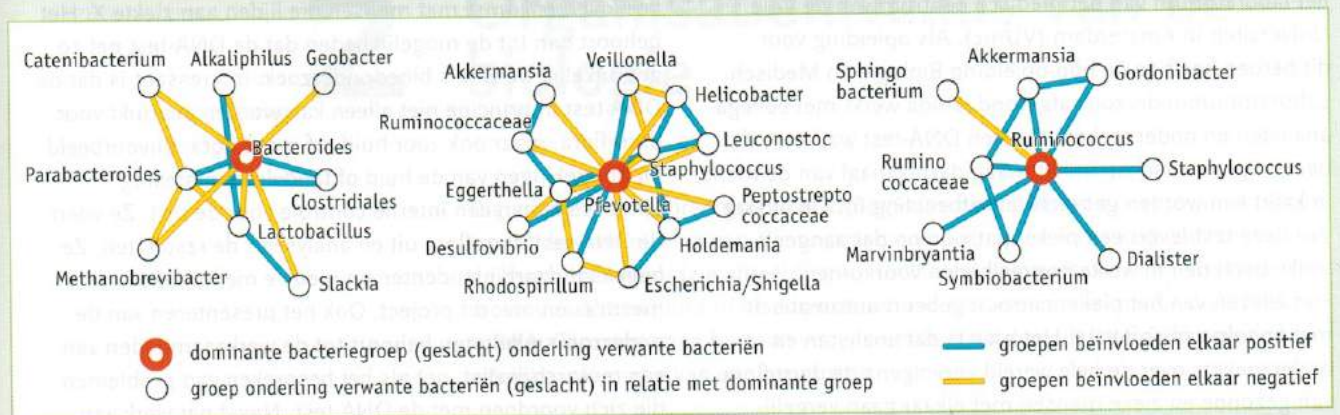
Bij de geboorte komen zoogdieren als muizen en mensen met een steriel maag-darmkanaal ter wereld. Al snel na de geboorte vult het maag-darmkanaal zich met bacteriën, onder andere met bacteriën van het moederdier dat het jong zoogt. Onderzoekers vermoedden dat de darmflora invloed heeft op de vertering van voedingsstoffen en deden een experiment.

Muizen kunnen in een steriele omgeving (zonder micro-organismen) ter wereld worden gebracht en opgroeien in een steriele omgeving. In een steriele omgeving blijft ook het maag-darmkanaal steriel en spreekt men van steriele of kiemvrije muizen. In hun experiment werden kiemvrije muizen vergeleken met muizen met een normale darmflora in vergelijkbare omstandigheden. Daaruit bleek dat kiemvrije muizen enorm veel aten maar veel minder groeiden dan de niet-steriele muizen. Wanneer de kiemvrije muizen alsnog een darmflora kregen toegediend, steeg de opname van glucose in de darm snel, werden ze

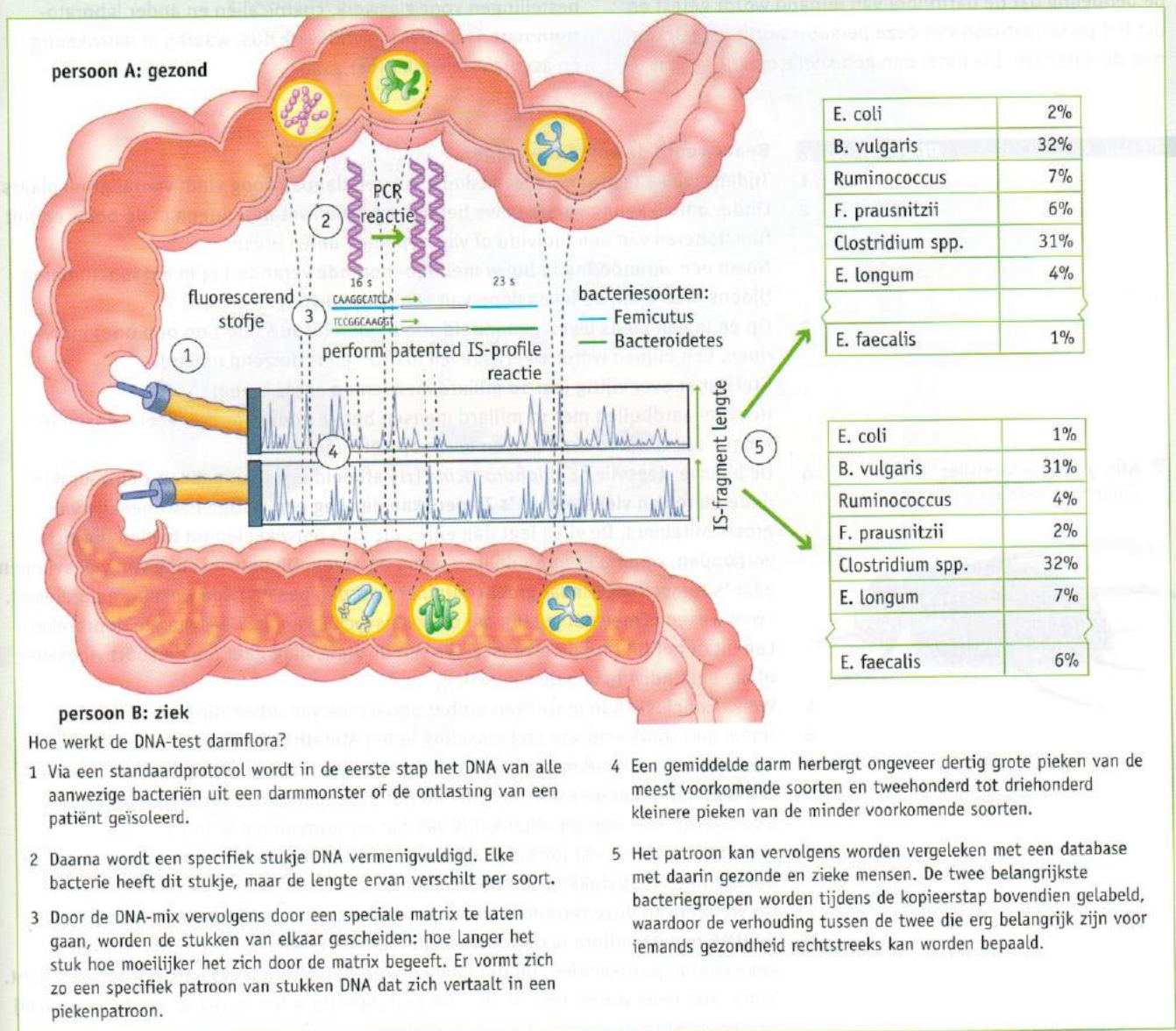


weer zwaarder en steeg hun vetpercentage, terwijl ze minder waren gaan eten.



▼ Afb. 5 De drie enterotypen darmflora. Bron: *Nature*, april 2011.

▼ Afb. 6

Bron: *Synaps*, 2010.



Linda Poort is researchanalist (research = onderzoek) op het laboratorium van het medisch centrum van de Vrije Universiteit in Amsterdam (VUmc). Als opleiding voor dit beroep heeft ze de hbo-opleiding Biologie en Medisch Laboratoriumonderzoek afgerond. Linda werkt met collega-analisten en onderzoekers aan een DNA-test waarmee de bacteriegemeenschap in het maag-darmkanaal van de mens in kaart kan worden gebracht (zie afbeelding 6). De uitslag van deze test levert een piekenpatroon op dat aangeeft welke bacteriën in welke hoeveelheden voorkomen. Het aflezen van het piekenpatroon gebeurt automatisch met behulp van software. Het plan is dat analisten en onderzoekers over de hele wereld vervolgens de darmflora van gezonde en zieke mensen met elkaar gaan vergelijken. Alle piekenpatronen die de darmfloratests opleveren, worden dan opgeslagen in een database. Uiteindelijk is het de bedoeling dat de darmflora van iemand wordt getest en dat het piekenpatroon van deze persoon wordt vergeleken met de database. Dit moet dan een snelle diagnose opleve-

ren, bijvoorbeeld de darmflora van deze persoon vertoont veel overeenkomst met mensen die lijden aan ziekte X. Het behoort dan tot de mogelijkheden dat de DNA-test net zo gebruikelijk wordt als bloedonderzoek. Interessant is dat de DNA-test in principe niet alleen kan worden gebruikt voor darmflora, maar ook voor huid- of mondflora. Bijvoorbeeld bij ontstekingen van de huid of tandvleesontsteking. Linda werkt aan een interne controle voor de test. Ze voert de DNA-test darmflora uit en analyseert de resultaten. Ze begeleidt daarbij studenten en nieuwe medewerkers die meedraaien met dit project. Ook het presenteren van de onderzoeksresultaten behoort tot de werkzaamheden van een researchanalist, net als het bespreken van problemen die zich voordoen met de DNA-test. Naast het werk aan dit project zijn er natuurlijk andere werkzaamheden zoals voorraden bijhouden en bestellingen plaatsen. Bijvoorbeeld bestellingen voor glaswerk, chemicaliën en ander laboratoriummateriaal. Afwisselend werk dus, waarbij je nauwkeurig en accuraat te werk moet gaan.

### opdracht 1

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Tijdens welke fase van de levensloop van een dagpauwoog vindt vooral groei plaats?
- 2 Onder ontwikkeling verstaan we het optreden van veranderingen in de bouw en het functioneren van een individu of van bepaalde delen ervan. Noem een verandering in bouw met bijbehorende verandering in het functioneren tijdens fase 3 van de levensloop van een dagpauwoog.
- 3 Op en in een mens leven gemiddeld 100 biljoen (of 100 000 000 000 000) individuen. Een biljoen wordt weergegeven als  $10^{12}$  en is duizend miljard. Stel dat er over vijftig jaar 10 miljard mensen op aarde leven. Hoeveel aardbollen met 10 miljard mensen heb je nodig om evenveel mensen te krijgen als er micro-organismen leven op één mens?
- 4 De blauwe vlesvlieg *Calliphora vicina* (zie afbeelding 7), ontwikkelt zich vooral in dode dieren en vleesresten. 's Zomers kan de vlieg een lastige bewoner zijn van groencontainers. De vlieg legt dan eitjes die zich ontwikkelen tot maden die zich verpoppen, waarna er uiteindelijk vliegen ontstaan. De ontwikkeling van vlesvliegen gaat 's zomers snel, maar groencontainers worden pas na twee weken weer geleegd. Twee weken is meestal te lang om de levenscyclus van de vlesvlieg te doorbreken. Leg uit of het hier bij de levenscyclus van de vlesvlieg gaat om de soort vlesvlieg of om een individu van de vlesvlieg.
- 5 Welke conclusie kun je trekken uit het onderzoek van afbeelding 4?
- 6 Noem een voorbeeld van stofwisseling in het MetaHiT-onderzoek.
- 7 Op een kant-en-klare maaltijd staat dat deze maaltijd 850 kcal aan energie bevat. Leg met het onderzoek van MetaHiT uit dat deze maaltijd meer of minder dan 850 kcal op kan leveren afhankelijk van het enterotype dat je bezit.
- 8 In de tekst worden vijf terreinen genoemd waar biologie een grote rol speelt bij belangrijke vraagstukken van de toekomst. Op welk(e) van deze terreinen speelt het onderzoek van afbeelding 6 zich af?
- 9 De DNA-test darmflora is betrouwbaarder dan tests waarbij bacteriën worden gekweekt in petrischalen, omdat alle aanwezige bacteriën in kaart worden gebracht. Noem nog twee voordelen van de DNA-test darmflora ten opzichte van tests waarbij bacteriën worden gekweekt in petrischalen.

▼ Afb. 7 Blauwe vlesvlieg  
*Calliphora vicina*.

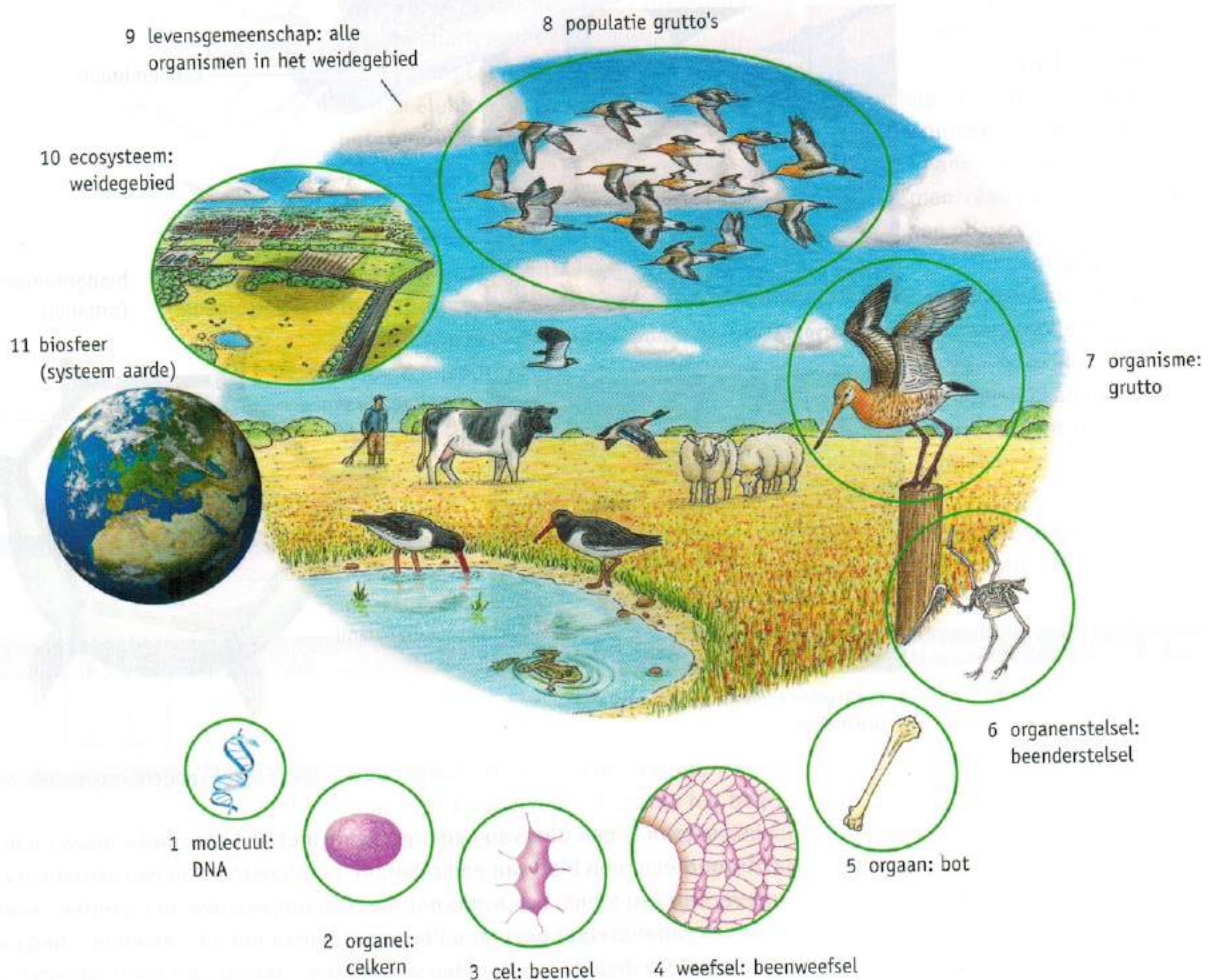




# 2 Organisatieniveaus van de biologie

Organismen zijn georganiseerd in **biologische eenheden** van heel kleine moleculen tot de samenleving van alle organismen op aarde en hun interactie met de levenloze natuur (zie afbeelding 8). De kleinste biologische eenheid is een **molecuul**. Moleculen zijn de bouwstenen van stoffen. Een belangrijk molecuul is **DNA**. Chromosomen bestaan voor een belangrijk deel uit DNA. DNA bevat de erfelijke informatie van een organisme.

▼ Afb. 8 Organisatieniveaus van de biologie.

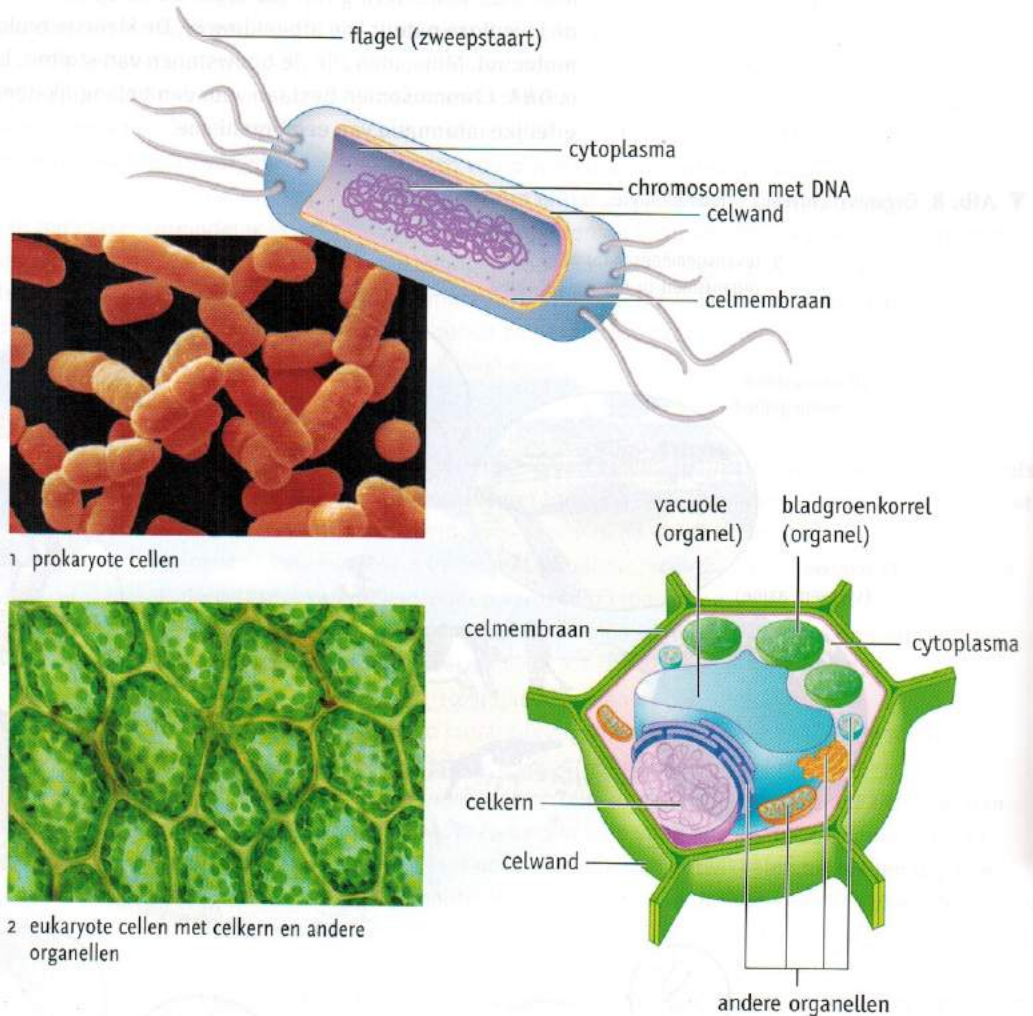


Complexer is een **cel**. Alle organismen bestaan uit een of meer cellen. Een cel kan op verschillende manieren zijn opgebouwd. **Prokaryoten** zijn eencellige organismen waarvan de cel geen celkern bevat. Doordat een prokaryote cel geen celkern bevat, ligt het DNA los in de cel (zie afbeelding 9.1). De celkern is een voorbeeld van een **organel**. Een organel is een deel van een cel dat naar bouw en functie apart is te onderscheiden. Veel organellen zijn omgeven door een membraan.



**Eukaryoten** zijn organismen waarvan de cel wel een celkern bevat. Het DNA van eukaryote cellen ligt in de celkern. Een eukaryote cel bevat ook andere organellen, zoals vacuolen en bladgroenkorrels in plantencellen (zie afbeelding 9.2). In thema 2 Cellen leer je meer over de functie van organellen. Eukaryoten zijn eencellige of meercellige organismen. Cellen in meercellige organismen met dezelfde vorm en dezelfde functie liggen meestal in groepen bij elkaar. In de onderbouw heb je geleerd dat we zo'n groep cellen met dezelfde vorm en functie een **weefsel** noemen.

► **Afb. 9** Celtype.



Een orgaan is een deel van een organisme met een specifieke bouw en functie. Bijvoorbeeld een blad van een plant, de paddenstoel van een schimmel en de lever van een mens. Een **orgaan** is meestal opgebouwd uit meerdere weefsels. Een **organenstelsel** bestaat uit een aantal organen die samen een bepaalde functie uitoefenen. Voorbeelden van organenstelsels zijn het bladerstelsel bij planten en het verteringsstelsel en het bloedvatstelsel bij vogels. **Organisme** is het volgende organisatieniveau. Een organisme kan dus georganiseerd zijn in meerdere organenstelsels (sommige eukaryoten), maar eenvoudige organismen bestaan uit slechts één cel (prokaryoten).

Organismen kunnen zich organiseren tot een **populatie**. Een populatie is een groep individuen van dezelfde soort die in een bepaald gebied leven en zich onderling voortplanten. Binnen een bepaald gebied leven populaties van verschillende



soorten. Deze populaties vormen samen een **levensgemeenschap**. De levensgemeenschap in een rivier bijvoorbeeld bestaat uit veel verschillende populaties zoals algen, waterpest, rietplanten, watervlooien, voorns en snoeken. Een **ecosysteem** is een min of meer begrensd gebied met bepaalde eigenschappen waarbinnen de **abiotische** en **biotische** factoren een eenheid vormen. In de onderbouw heb je geleerd dat biotische factoren de invloeden uit de levende natuur zijn en abiotische factoren invloeden uit de levenloze natuur. Voorbeelden van ecosystemen zijn een bos, een meer en een koraalrif. Abiotische factoren in een ecosysteem zijn bijvoorbeeld de temperatuur en de hoeveelheid zonlicht. Het geheel aan ecosystemen op aarde vormt de **biosfeer** of het **systeem aarde**.

### EMERGENTE EIGENSCHAPPEN

Biologen bestuderen organismen op verschillende niveaus van de biologie. Vaak op meerdere niveaus tegelijk. Op elk hoger organisatieniveau verschijnen nieuwe eigenschappen die **emergente eigenschappen** worden genoemd. Wanneer je bijvoorbeeld een vriend ziet en afsprekt met hem en nog wat anderen te gaan sporten, zal er op moleculair niveau een chemische reactie plaatsvinden in de zintuigcellen van je oog. Op celniveau kan deze chemische reactie leiden tot een elektrische impuls (nieuwe emergente eigenschap). Op orgaanniveau kan het complete beeld van je vriend via een groot aantal impulsen naar je hersenen worden gestuurd (nieuwe emergente eigenschap). In een ander orgaan, de grote hersenen, vindt dan bewustwording plaats. Op organismeniveau kun je reageren op je vriend door hem te begroeten, naar hem toe te lopen en voor te stellen samen te gaan sporten (nieuwe emergente eigenschappen). Op populatieniveau is teamsportgedrag waarneembaar (nieuwe emergente eigenschap). Een emergente eigenschap is niet waarneembaar op een lager niveau. De emergente eigenschap 'lopen' bijvoorbeeld is wel waar te nemen op het niveau organisme, maar niet op het lagere niveau organenstelsel. Een spierstelsel (organenstelsel) kan niet lopen. Daarvoor zijn bijvoorbeeld het spierstelsel, het beenderstelsel en het zenuwstelsel nodig. Elk van deze organenstelsels kan niet zelfstandig lopen.

#### opdracht 2

In afbeelding 8 zijn elf organisatieniveaus van de biologie weergegeven. Neem het schema over en verdeel deze elf organisatieniveaus van klein naar groot over de zeven hoofdgroepen van de volgende tabel.

1 Molecuul	2 Cel	3 Orgaan	4 Organisme	5 Populatie	6 Ecosysteem	7 Systeem aarde
------------	-------	----------	-------------	-------------	--------------	-----------------

#### opdracht 3

##### Beantwoord de volgende vragen.

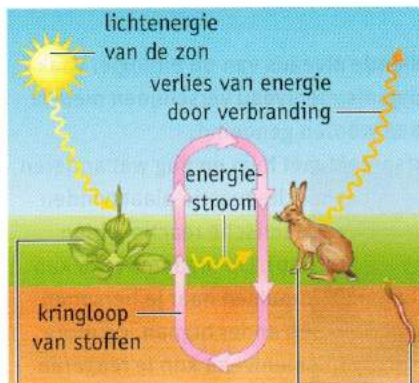
- Sommige biologen beschouwen het begrip 'soort' als een organisatieniveau van de biologie. Na welk organisatieniveau kan het begrip 'soort' worden geplaatst?
- In basisstof 1 lees je over micro-organismen in het maag-darmkanaal. Geef een argument om het maag-darmkanaal als een ecosysteem te beschouwen.
- Met welk organisatieniveau kun je een enterotype (zie afbeelding 5) vergelijken?
- Welk organisatieniveau wordt in het enterotypenonderzoek nog meer bestudeerd? Leg je antwoord uit.
- Welke organisatieniveaus ontbreken bij bacteriën?
- Op welk organisatieniveau ontstaat de emergente eigenschap vliegen?
- Behoort de mens tot de prokaryoten of tot de eukaryoten? Leg je antwoord uit.
- Het versterkte broeikas effect is een milieuprobleem. Op welk organisatieniveau speelt dit milieuprobleem zich af? Leg je antwoord uit.



# 3 Hoofdthema's in de biologie

Organismen vertonen onderling veel overeenkomsten. Sommige van deze overeenkomsten kunnen als hoofdthema's in de biologie worden beschouwd. We bespreken in deze basisstof de volgende hoofdthema's in de biologie: zelfregulatie, zelforganisatie, interactie, reproductie en evolutie. Elk van deze hoofdthema's wordt op verschillende organisatieniveaus besproken.

▼ Afb. 10 Zelfregulatie in een ecosysteem.



autotrofe organismen leggen zonlicht vast in chemische energie door fotosynthese

heterotrofe organismen verbruiken de chemische energie die door autotrofe organismen is vastgelegd

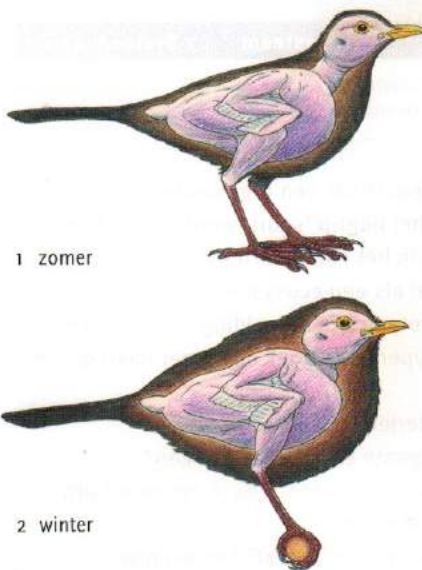
## ZELFREGULATIE

Biologische eenheden zoals cellen, organismen en ecosystemen zijn in staat zichzelf in stand te houden door **zelfregulatie**. Zelfregulatie vindt bijvoorbeeld plaats door herstel van schade en door zich te verdedigen tegen indringers en schadelijke stoffen. Om in leven te blijven, moeten organismen ademhalen, zich voeden en zich aanpassen aan hun omgeving. Dieren moeten zich verplaatsen om te overleven. Zelfregulatie komt ook tot stand door hormonen, door zenuwen, door zintuigen en via transport van stoffen.

In afbeelding 10 is zelfregulatie van een ecosysteem weergegeven. Het functioneren van elk organisme in een ecosysteem kost energie. **Autotrofe organismen** (bijvoorbeeld planten) maken hun eigen voedsel en leggen daarbij zonlicht vast in chemische energie door middel van fotosynthese. **Heterotrofe organismen** (bijvoorbeeld dieren) verbruiken deze chemische energie die door autotrofe organismen is vastgelegd. Hierdoor ontstaat een energiestroom en een kringloop van stoffen die ook op het niveau van biosfeer waarneembaar is.

Biologische eenheden als cellen, organen en organismen zitten ingewikkeld (complex) in elkaar. Zelfregulatie van complexe biologische eenheden kan alleen doeltreffend verlopen wanneer deze eenheden goed zijn georganiseerd.

▼ Afb. 11 Een merel kan met behulp van spiertjes zijn veren opzetten wanneer het koud is. Er ontstaat dan een dikkere isolerende luchtlaag.



## ZELFORGANISATIE

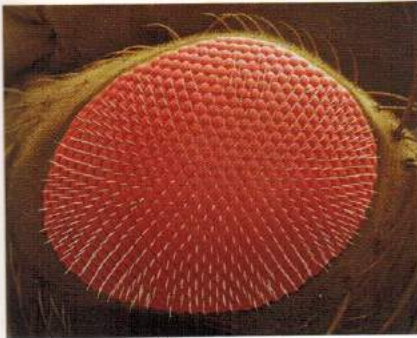
Complexe zelfregulatie wordt mogelijk doordat biologische eenheden zichzelf organiseren. Door deze **zelforganisatie** zijn biologische eenheden in staat zichzelf te organiseren tot 'biologische eenheden van een hogere orde'. Daardoor ontstaan er nieuwe structuren: cellen kunnen zich bijvoorbeeld organiseren tot een weefsel (nieuwe structuur), of weefsels organiseren zich tot een orgaan (nieuwe structuur). Met deze nieuwe structuren ontstaan emergente eigenschappen die op een lager niveau niet te zien zijn. Een bloedvatstelsel (organenstelsel) bijvoorbeeld kan bloed rondpompen, een bloedcel (cel) of bloedvat (orgaan) kan dat niet.

Een emergente eigenschap die op een hoger niveau ontstaat, kan ook een evenwicht zijn. Een merel (zie afbeelding 11) kan zelfstandig zijn lichaamstemperatuur op een bepaald niveau handhaven. Daardoor ontstaat er een nieuw evenwicht van ongeveer 41 °C op het niveau organisme. Om dat evenwicht te bereiken zijn verschillende organen nodig, zoals warmte- en koudezintuigen, zenuwen en spiertjes om de veren overeind te zetten. Elk van deze organen kan niet alleen dit evenwicht bereiken, maar wel op het hogere niveau organisme.

In de door zelforganisatie ontstane structuren van biologische eenheden is **ordening** waar te nemen. In afbeelding 12 is dit op verschillende organisatie-niveaus van de biologie weergegeven. In afbeelding 10 zie je dat een ecosysteem zo is georganiseerd in geordende structuren zoals autotrofe en heterotrofe organismen, dat het kan functioneren zoals bij zelfregulatie is beschreven.



▼ **Afb. 12** Zelforganisatie is zichtbaar in geordende structuren.

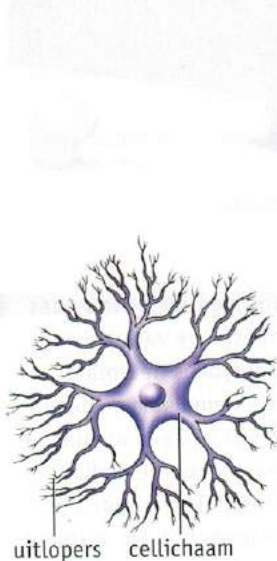


1 op orgaanniveau: het oog van een vlieg

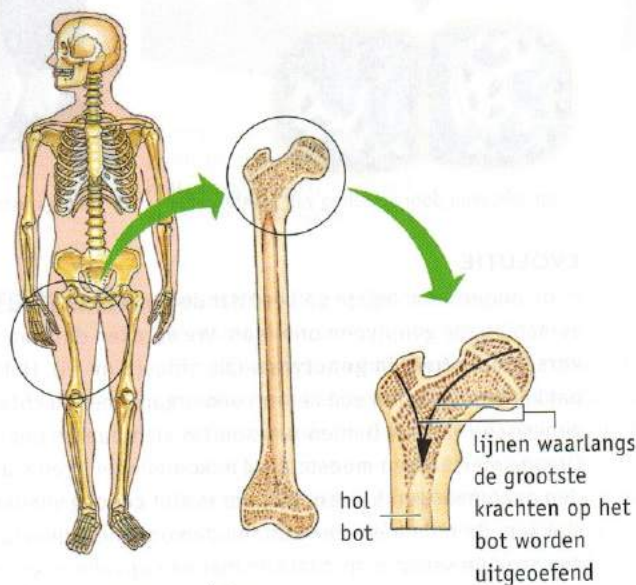


2 op organismeniveau: alleen door samenwerkende structuren (bijvoorbeeld organenstelsels) kan een toekan op een tak blijven zitten

▼ **Afb. 13** In biologische eenheden is een verband te zien tussen vorm en functie.



1 op celniveau: zenuwcel



2 op orgaanniveau: dijbeen



3 op organismeniveau: orka

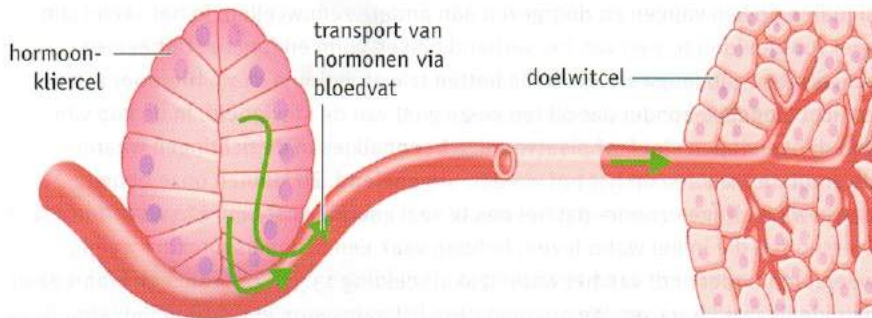
In geordende structuren van biologische eenheden is een verband te zien tussen **vorm** en **functie**. In afbeelding 13 zie je daarvan voorbeelden. Een zenuwcel heeft veel uitlopers, waardoor hij met veel andere zenuwcellen in verbinding staat en signalen op kan vangen en doorgeven aan andere zenuwcellen. In het skelet zijn veel voorbeelden te zien van het verband tussen vorm en functie. Dijbeen en scheenbeen zijn langwerpige, holle botten (zie afbeelding 13.2). Hierdoor zijn ze zo licht mogelijk, zonder dat dit ten koste gaat van de stevigheid. In de kop van een dijbeen lopen staaf- of plaatvormige beenbalkjes in de richtingen waarin de grootste krachten op het bot worden uitgeoefend. Zo kunnen onze benen ons gewicht dragen zonder dat het ons te veel energie kost om ze te verzetten. Diersoorten die in het water leven, hebben vaak een lichaamsvorm die weinig weerstand ondervindt van het water (zie afbeelding 13.3). Kop, romp en staart gaan geleidelijk in elkaar over. We noemen deze lichaamsvorm een stroomlijnform. Deze lichaamsvorm kunnen we behalve bij vissen en zoogdieren die in het water leven ook aantreffen bij vogels. Bij de lichaamsvorm van een soort is vrijwel altijd het verband te zien tussen vorm en functie.

### INTERACTIE

Biologische eenheden reageren op andere biologische eenheden en abiotische factoren. Op elk niveau van de biologie vindt **interactie** plaats, die op elk niveau een andere betekenis heeft. Moleculen in de cellen van organismen bijvoorbeeld kunnen met elkaar reageren, waardoor stofwisseling plaatsvindt. Cellen kunnen op allerlei manieren signalen aan elkaar doorgeven. Zenuwcellen kunnen bijvoorbeeld signalen afgeven aan spiercellen, waardoor een spier zich samentrekt. Hormoonklieren kunnen hormonen via het bloed afgeven aan cellen die voor dit hormoon gevoelig zijn (zie afbeelding 14.1). Naast elkaar gelegen cellen kunnen stoffen uitwisselen. Organismen zijn voortdurend in interactie met hun omgeving. Een slang kan bijvoorbeeld een prooi eten (zie afbeelding 14.2). Een plant kan met chemische stoffen rupsenetters lokken waardoor de plant is beschermd tegen vraat. Iemand kan bewust de interactie met het systeem aarde willen beïnvloeden. Bijvoorbeeld door te besluiten met de fiets naar het werk te gaan en daarmee bij te dragen aan het verminderen van de opwarming van de aarde.



## ▼ Afb. 14 Interactie.



1 op celniveau: hormoonklierzellen geven via het bloed stoffen af aan cellen die speciaal gevoelig zijn voor dit hormoon

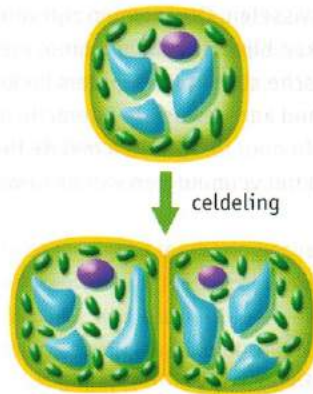


2 op organismeniveau

**REPRODUCTIE**

De meeste biologische eenheden kunnen zichzelf **reproducen** (vermeerderen). Bij celdeling bijvoorbeeld ontstaan dochtercellen (zie afbeelding 15.1) waarbij ook het DNA van een cel is gereproduceerd. Cellen zoals huidcellen kunnen afsterven. Door celdeling blijven het weefsel, orgaan, organenstelsel en organisme in stand. Organismen kunnen zich voortplanten waarbij ook hun weefsels en organenstelsels worden gereproduceerd. Elk organisme zal uiteindelijk sterven. Door reproductie van organismen blijft een populatie en de soort voortbestaan. Populaties kunnen zich splitsen, wat kan bijdragen aan het voortbestaan van de soort.

## ► Afb. 15 Reproductie.



1 op celniveau door celdeling van plantencellen



2 op organismeniveau

**EVOLUTIE**

In de onderbouw heb je geleerd dat door geslachtelijke voortplanting en mutaties verschillende genotypen ontstaan. We spreken dan van **genetische variatie** door **verscheidenheid in genotypen** (zie afbeelding 16). Het genotype is het totale pakket aan genen in een cel van een organisme. Slechts een klein deel van deze genetische variatie binnen een soort is zichtbaar in het uiterlijk van een organisme. Organismen krijgen meestal veel nakomelingen. Eén slak kan bijvoorbeeld honderden nakomelingen krijgen. Maar er is niet genoeg voedsel beschikbaar voor alle slakken. De nakomelingen kunnen dan ook niet allemaal in leven blijven. Er treedt een strenge selectie op. Slakken met een opvallend gekleurd huisje bijvoorbeeld worden snel opgemerkt door vogels die slakken eten (zie afbeelding 17). Deze vorm van selectie wordt **natuurlijke selectie** genoemd. Door natuurlijke selectie hebben



- ▼ **Afb. 16** Genetische variatie door verscheidenheid aan genotypen binnen een soort.



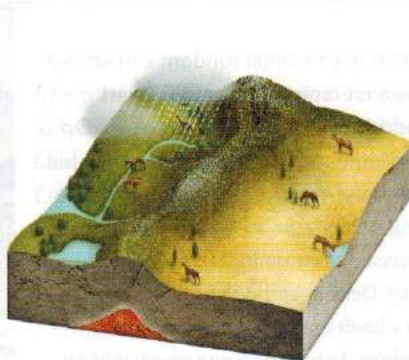
- ▼ **Afb. 17** Natuurlijke selectie: slakken met een opvallend gekleurd huisje vallen snel ten prooi aan vogels.



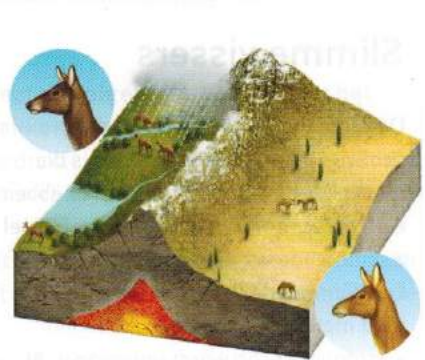
- ▼ **Afb. 18** Ontstaan van een nieuwe soort door reproductieve isolatie.



- 1 Een populatie herten leeft in een bepaald gebied.



- 2 Er ontstaat een bergketen, waardoor de populatie in tweeën wordt gesplitst. Aan de ene kant van de bergketen valt veel regen, aan de andere kant ontstaat een droog klimaat.



- 3 Door natuurlijke selectie vindt bij beide populaties aanpassing plaats aan de nieuwe milieuomstandigheden. In de loop van miljoenen jaren verschillen de populaties zo sterk dat twee soorten zijn ontstaan.

#### opdracht 4

#### Beantwoord de volgende vragen.

- Meestal heeft een situatie uit de natuur met meerdere *hoofdthema's* te maken. Een bij kan bijvoorbeeld een bloem ruiken, naar de bloem vliegen, nectar nuttigen en de bloem bestuiven. Door zelfregulatie voorziet de bij zichzelf van voedsel door nectar te nuttigen. Door zelforganisatie zijn de bij en de bloem georganiseerd in bijvoorbeeld cellen, organen en organenstelsels. Leg met dit voorbeeld uit dat deze situatie ook met de hoofdthema's interactie en reproductie te maken heeft.
- Een situatie in de natuur heeft vaak op meerdere *niveaus* te maken met een bepaald hoofdthema. De plant van vraag 1 kan door interactie van moleculen geurlokstoffen maken. Dat is interactie op moleculair niveau. Wat is in dit voorbeeld interactie op het niveau levensgemeenschap?



## ▼ Afb. 19



## Oostvaardersplassen

De Oostvaardersplassen in Flevoland is een uitgestrekt moerasgebied, met plassen en woeste graslanden. Het is het leefgebied van talloze planten en dieren, van microscopisch kleine waterdier-tjes, insecten, vogels en grote grazers zoals edelherten, konikpaarden en Schotse hooglanders.

- In afbeelding 19 lees je een korte beschrijving van het natuurgebied de Oostvaardersplassen. Beschrijf de zelfregulatie van het ecosysteem de Oostvaardersplassen (zie ook afbeelding 10). Gebruik daarbij: *autotrofe organismen – energiestroom – fotosynthese – heterotrofe organismen – kringloop van stoffen – verbranding*. Begin met *autotrofe organismen*.
- Welk evolutionair voordeel heeft zelforganisatie op populatieniveau in het geval van de tuimelaars in afbeelding 20?
- Noem twee voorbeelden van interactie op molecuulniveau tussen een bacterie die deel uitmaakt van de darmflora en zijn gastheer de mens (zie basisstof 1).
- Hoe groot is de biodiversiteit (verscheidenheid aan soorten) in het maag-darmkanaal van een mens gemiddeld? Gebruik daarbij afbeelding 6.
- De grote rafelvis (zie afbeelding 21) is een voorbeeld van een uitzondering op de regel dat waterdieren gestroomlijnd zijn. De vis leeft op met zeewier begroeide riffen en in *kelpwouden*. Een kelpwoud is een wereldwijd voorkomend ecosysteem onder de zeespiegels. Bij gevaar verstopt het dier zich tussen het zeewier. Noem een verband tussen de vorm en de functie van de grote rafelvis.
- Steeds meer mensen leggen steeds grotere afstanden af vergeleken met vroeger. Sommige wetenschappers verwachten dat hierdoor de wereldbevolking in het jaar 2100 voor een groot deel een huidskleur zal bezitten die een tussenvorm is tussen blank en zwart. Leg uit dat afname van reproductieve isolatie hierbij een rol speelt.

## ▼ Afb. 20

## Slimme vissers

De prooi van tuimelaars (een dolfijnsoort) is snel zwemmende vis die moeilijk is te vangen. Tuimelaars hebben een manier gevonden om toch deze snel zwemmende vissen te kunnen verschalken. Een van de tuimelaars slaat telkens hard met zijn staart op de zeebodem waardoor het slib wordt opgewoeld. Al slaande op de zeebodem zwemt de tui-

melaar in een cirkel rondom een school vissen en creëert zo een kring van modder rondom de school vissen. Op het moment dat de dolfijn de kring sluit, slaat het dier hard met zijn staart in de kring met vissen. In paniek springen de vissen door de lucht omhoog uit de kring. De rest van de populatie tuimelaars heeft zich inmiddels strategisch rondom de modderkring opgesteld en wacht de vissen met open bek op.



### opdracht 5

## ▼ Afb. 21 Grote rafelvis (Phycodurus eques).



Beantwoord de volgende vragen met behulp van de context 'Diabetesverpleegkundige'.

- Mensen met een voorkeur voor vet voedsel waren jarenlang in het voordeel. Leg dat uit met het begrip 'natuurlijke selectie'.
- Wanneer in een populatie organismen leven met een erfelijke sterke voorkeur voor vet voedsel en andere organismen met een erfelijke geringe voorkeur voor vet voedsel, is er sprake van genetische variatie. Op welke wijze is er in het artikel nog meer sprake van genetische variatie?
- Bij een gezond mens is de hoeveelheid glucose in het bloed in evenwicht. Dit evenwicht kan een emergente eigenschap worden genoemd. Kan deze emergente eigenschap ontstaan op het niveau orgaan, op het niveau organenstelsel of op het niveau organisme? Leg je antwoord uit.
- Welke interactie tussen cellen is in het beeld van afbeelding 22 te zien?

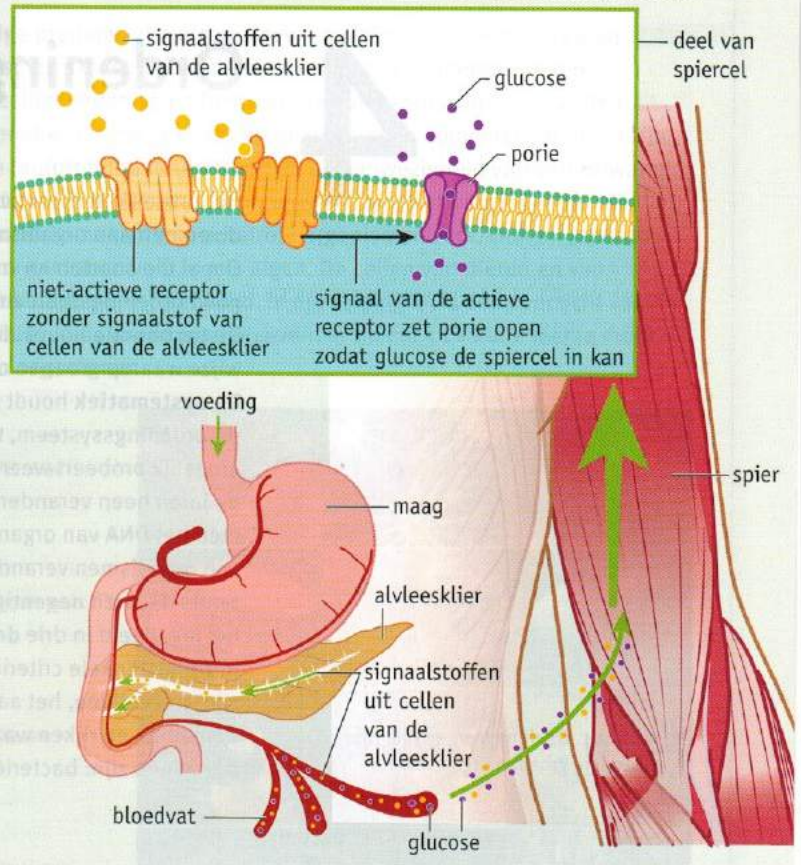


# DIABETES- VERPLEEGKUNDIGE

► Afb. 22

Hallo, ik ben Julia en mijn beroep is diabetesverpleegkundige. Vet is voor veel mensen erg lekker, maar vet bevat heel veel energie. Vele duizenden jaren waren mensen die een voorkeur hadden voor vet voedsel in het voordeel. Zij konden in tijden van voedselschaarste beter overleven. De laatste vijftig jaar is onze omgeving snel veranderd. Van jagers, verzamelaars en mensen die op het land werkten, zijn we in korte tijd veranderd in mensen die vele uren per dag achter een beeldscherm stilzitten. Onze energiebehoefte is veel minder geworden. We hebben plotseling dat vette voedsel niet meer nodig. Overgewicht en ziekten zijn dan het gevolg.

Diabetes bijvoorbeeld is een stofwisselingsziekte. Bij gezonde mensen is de hoeveelheid glucose (een suiker) in het bloed in evenwicht. Bij mensen met diabetes is dit evenwicht verstoord. Er zit dan te veel of te weinig glucose in het bloed. Glucose is een brandstof. Wanneer bijvoorbeeld de spiercellen van mensen met diabetes te weinig brandstof krijgen, kunnen zij zich erg moe voelen. In sommige families komt diabetes meer voor. Voor een deel is het dus erfelijk.



## opdracht 6

▼ **Afb. 23** De bombardeerkever kan bij bedreiging twee stoffen bij elkaar brengen in zijn lichaam, waardoor een hete vloeistof naar zijn aanvaller wordt gespoten en plofjes zijn te horen.



Neem het volgende schema over en verdeel de volgende situaties over het schema door de nummers in de juiste vakken te plaatsen.

- Laat bij de indeling in niveaus de *cursief* gedrukte woorden buiten beschouwing.
- 1 Cellen met dezelfde bouw en functie liggen in rijen naast elkaar.
  - 2 Een stuifmeelkorrel wordt gevormd.
  - 3 Het blad van een vleesetende *plant* klapt dicht waardoor een *insect* wordt gevangen.
  - 4 Een mutatie (verandering) in het DNA heeft *een witte vacht* tot gevolg waardoor de overlevingskans van dit *organisme* daalt.
  - 5 Het blad van een *zonnebloem* is opgebouwd uit *cellen en weefsels*.
  - 6 In de duinen is een kringloop van stoffen waarneembaar.
  - 7 Een *bombardeerkever* spuit een hete vloeistof naar een *aanvaller* (zie afbeelding 23).
  - 8 De verscheidenheid aan soorten op aarde neemt af.
  - 9 Door droogte in het voorjaar nemen de berkenbomen in een bos minder water op.
  - 10 Een merel legt een ei.

	Zelfregulatie	Zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul					
Cel					
Orgaan					
Organisme					
Populatie					
Ecosysteem					
Biosfeer					

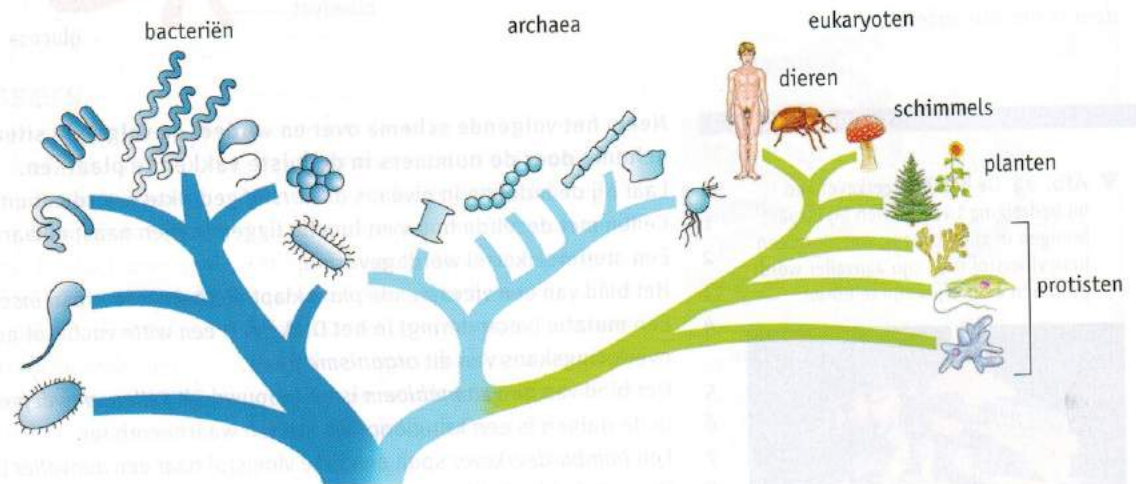


# 4 Ordening van organismen

Het proces van evolutie gedurende miljarden jaren heeft geleid tot een enorme diversiteit aan organismen. Organismen zijn er in heel veel soorten en vormen. Om al die soorten en vormen te kunnen bestuderen en overzicht te houden, is een goed ordeningssysteem nodig.

De **taxonomie** houdt zich bezig met de regels van dit ordeningssysteem, zoals de wijze waarop groepen organismen worden ingedeeld, de naamgeving, enzovoort. De **systematiek** houdt zich bezig met het indelen van de organismen volgens dit ordeningssysteem, waarbij men de evolutionaire verwantschappen zo goed mogelijk probeert weer te geven. De ordening van organismen in groepen is door de jaren heen veranderd. Vooral door de opkomst van DNA-technieken, waarbij men het DNA van organismen met elkaar vergelijkt, is het zicht op verwantschap van organismen veranderd. De indeling van organismen is nog in ontwikkeling. Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw worden alle organismen door systematici ingedeeld in drie **domeinen**. Elk van de domeinen kan verder worden ingedeeld in **rijken**. Enkele criteria die bij de indeling in domeinen worden gehanteerd, zijn: het cellype, het aantal cellen en de voedingswijze. In afbeelding 24 zijn de domeinen en rijken waarin organismen worden ingedeeld weergegeven. De drie domeinen zijn: bacteriën, archaea en eukaryoten.

▼ Afb. 24 De domeinen, enkele rijken en andere groepen organismen.

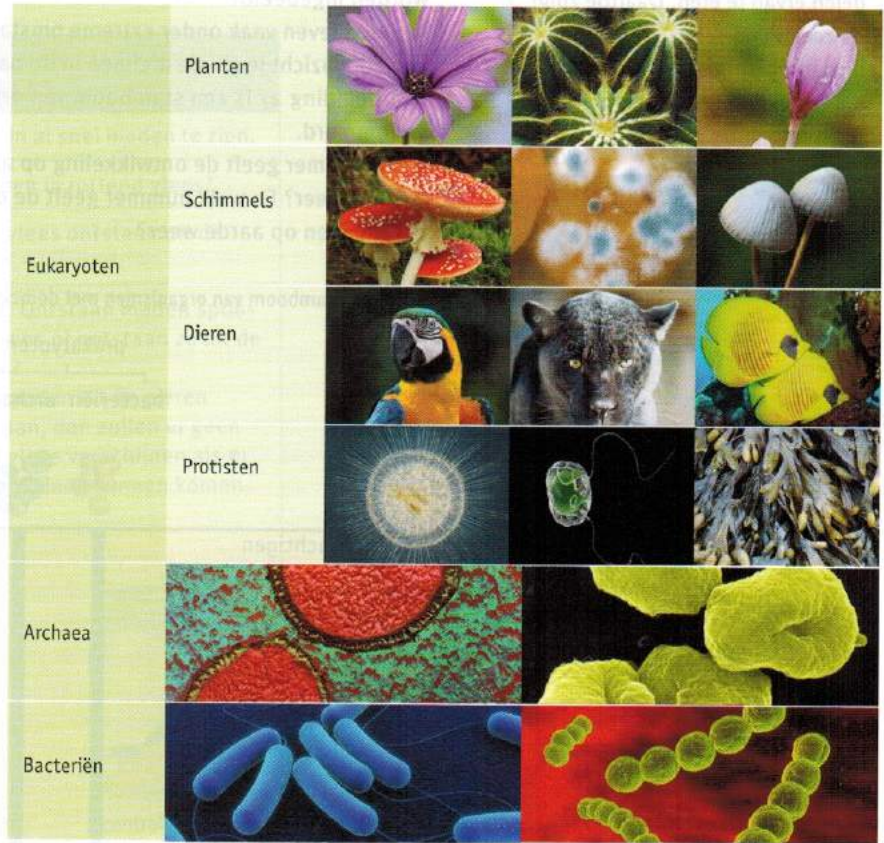


Bacteriën en **archaea** zijn prokaryoten. Archaea leven meestal onder extreme omstandigheden waardoor hun biochemie zich dusdanig onderscheidt van andere vormen van leven dat zij als een apart domein worden beschouwd. Bacteriën en archaea bestaan uit cellen zonder celkern, zijn altijd eencellig en worden daardoor tot de prokaryoten gerekend. Prokaryoten zijn relatief eenvoudig gebouwde organismen. De verdere indeling van bacteriën en archaea is nog ter discussie, omdat nog veel van de bouw en functie van deze prokaryoten onbekend is. Eukaryoten kunnen zowel eencellig als meercellig zijn. Eukaryote cellen zijn complexer gebouwd dan prokaryote cellen. Ze bevatten een celkern en andere organellen. De eukaryoten worden ingedeeld in rijken, zoals **schimmels**, **planten** en **dieren** (zie afbeelding 24). **Protisten** zijn een groep organismen waarvan de indeling door systematici nog ter discussie staat. Protisten zijn meestal eencellig, maar er zijn ook meercellige soorten die worden ingedeeld bij de protisten.



Bekende eencellige protisten zijn algen. Zeewieren zijn bekende meercellige protisten. Organismen uit de rijken schimmels, planten en dieren zijn altijd meercellig. Meercellige organismen bestaan vaak uit gespecialiseerde cellen. Andere kenmerken die worden gebruikt bij de indeling in domeinen en rijken zijn de voedingswijze (autotroof of heterotroof) en de aanwezigheid van een celwand. Planten zijn altijd autotroof. De overige organismen zijn heterotroof, maar bij bacteriën en archaea komen enkele autotrofe organismen voor. Ook bij protisten komen autotrofe organismen voor, zoals algen. De cellen van dieren en van sommige protisten hebben geen celwand. In afbeelding 25 is een overzicht van de diversiteit van het leven op aarde weergegeven. In thema 5 Evolutie leer je meer over ordening van organismen.

► Afb. 25 Overzicht van de diversiteit van het leven op aarde.



opdracht 7

Neem de tabel over en vul hem in door kruisjes op de juiste plaats te zetten.

Enkele criteria gebruikt bij de indeling van organismen in domeinen en rijken.

Domein	Rijken	Prokaryoot	Eukaryoot	Celwand	Geen celwand	Eencellig	Meercellig	Autotroof	Heterotroof
Bacteriën	ter discussie								
Archaea	ter discussie								
Eukaryoten	protisten*								
	schimmels								
	planten								
	dieren								

\* Protisten vormen geen rijk maar zijn een groep organismen waarvan de indeling nog ter discussie staat.



## opdracht 8

## ▼ Afb. 26

## Plant of dier?

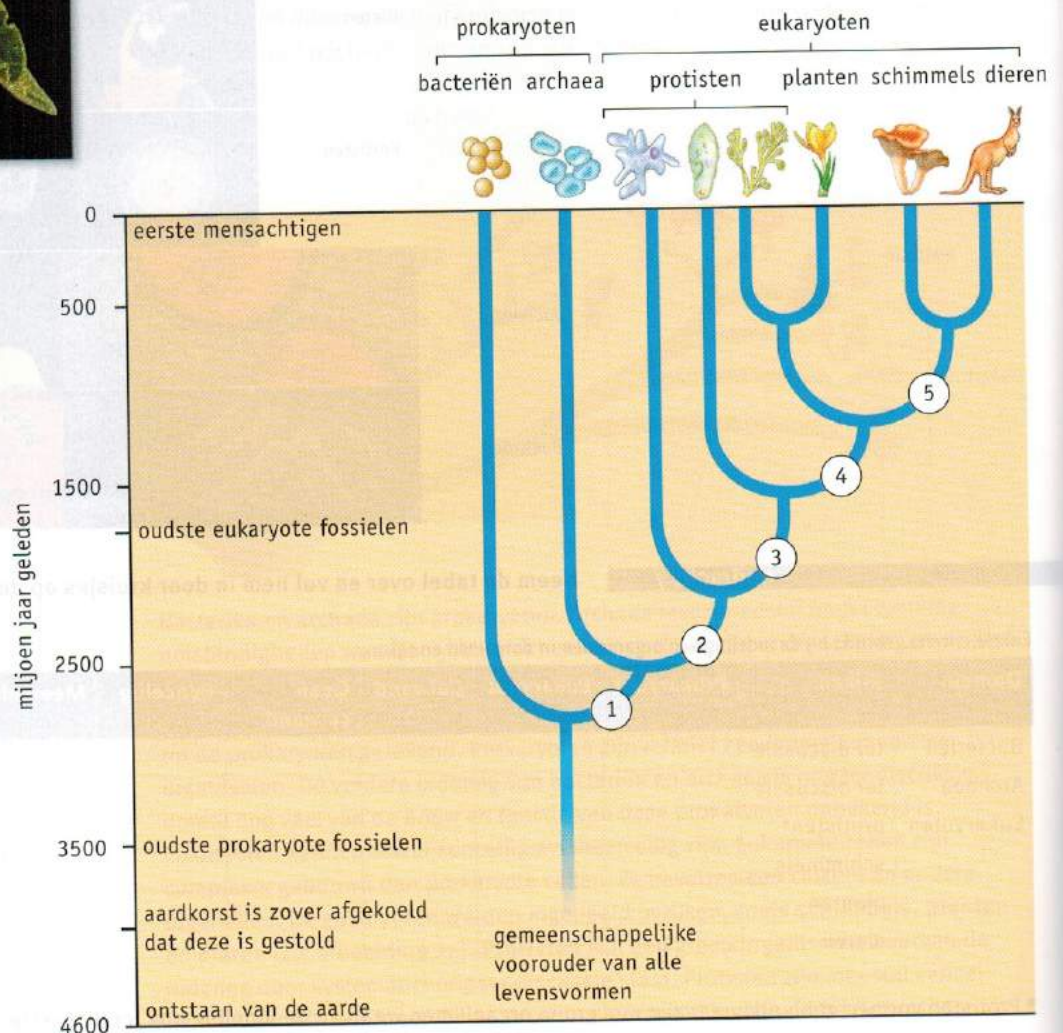
De zeeslak *Elysia chlorotica* blijkt net als planten in staat om zichzelf van voedsel te voorzien zonder andere organismen of delen ervan te eten. Daartoe zuigt de zeeslak de eerste twee weken bladgroenkorrels op uit algen, die de rest van zijn leven blijven functioneren.



## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 De vier kenmerken die je in de vorige opdracht als indelingscriteria hebt gebruikt zijn celtype, aanwezigheid van een celwand, het aantal cellen en de voedingswijze. Op grond van deze vier criteria is niet altijd uit te sluiten tot welk domein of tot welk rijk een organisme behoort. Leg dit met een voorbeeld uit.
- 2 Leg met een voorbeeld uit dat deze vier kenmerken in sommige gevallen wel voldoende zijn om een organisme in te delen in de genoemde domeinen en rijken.
- 3 Leg uit waardoor de zeeslak van afbeelding 26 een uitzondering is op de indeling die je in opdracht 7 hebt gemaakt.
- 4 In basisstof 1 heb je informatie gekregen over de darmflora. In welke domeinen kunnen de organismen die deel uitmaken van de darmflora worden ingedeeld?
- 5 Archaea leven vaak onder extreme omstandigheden. In welk opzicht leven de archaea in de darmflora onder extreme omstandigheden?
- 6 In afbeelding 27 is een stamboom van organismen weergegeven. Vijf plaatsen zijn genummerd. Welk nummer geeft de ontwikkeling op aarde van de eerste organismen met een celkern weer? En welk nummer geeft de ontwikkeling van de eerste meercellige organismen op aarde weer?

## ▼ Afb. 27 Stamboom van organismen met domeinen en rijken.





# 5 Natuurwetenschappelijk onderzoek

Organismen zijn aan dezelfde wetten onderworpen als de levenloze materialen die worden onderzocht in de natuurkunde en scheikunde. Biologen gaan daardoor bij het doen van onderzoek op dezelfde wijze te werk als andere natuurwetenschappers. Daarbij zijn twee verschillende typen onderzoek te onderscheiden die vaak met elkaar verband houden.

▼ Afb. 28

ONDERZOEK	HET ONTSTAAN VAN MADEN IN ROTTEND VLEES
<b>Observatie</b>	In rottend vlees zijn al snel maden te zien.
<b>Probleemstelling</b>	Hoe ontstaan maden in rottend vlees?
<b>Hypothese</b>	Maden in rottend vlees ontstaan uit de eieren van vliegen.
<b>Experiment</b>	<p>Onderzoeksvraag: Ontstaan maden spontaan uit rottend vlees of ontstaan ze uit de eieren van vliegen?</p> <p>Verwachting: Als maden uit de eieren van vliegen ontstaan, dan zullen er geen maden in rottend vlees verschijnen als er geen vliegen bij het vlees kunnen komen.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 experimenteergroep</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2 controlegroep</p> </div> </div>
<b>Resultaten</b>	<p>Na afloop experiment</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 experimenteergroep</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2 controlegroep</p> </div> </div>
<b>Conclusie</b>	Maden in rottend vlees ontstaan uit de eieren van vliegen.

## BESCHRIJVEND ONDERZOEK

Veel onderzoek dat wordt uitgevoerd is **beschrijvend onderzoek** en wordt ook wel ontdekkend onderzoek of beschrijvende wetenschap genoemd. Een onderzoeker of onderzoeksgroep verzamelt dan observaties en metingen. Deze verzamelde gegevens worden **data** genoemd. Een onderzoeker kan bijvoorbeeld microscopische observaties van organismen verzamelen. Deze observaties kunnen leiden tot belangrijke conclusies, zoals: alle organismen bestaan uit cellen. Een meer recent voorbeeld van beschrijvend onderzoek is het inventariseren van het DNA van de mens. Bij beschrijvend onderzoek stelt men onderzoeksvragen als: Hoe ziet het DNA van de mens eruit? Hoe is het ecosysteem van loofbossen opgebouwd? Beschrijvend onderzoek kan leiden tot het opstellen van hypothesen.

## ONDERZOEK GEBASEERD OP EEN HYPOTHESE

Bij een natuurwetenschappelijk onderzoek gebaseerd op het toetsen van een hypothese gaat men steeds op dezelfde manier te werk. Zo'n onderzoek bestaat uit een aantal fasen. In afbeelding 28 zie je deze fasen bij het onderzoek van Francesco Redi (1668). In de tijd van Redi dachten mensen dat maden spontaan in rottend vlees ontstonden en niet uit de eieren van vliegen. Redi betwijfelde dat en stelde een hypothese op die hij met een experiment toetste.

### Observatie

De **observatie** is de waarneming van een bepaald natuurverschijnsel dat in aanmerking komt voor verder onderzoek. Redi bijvoorbeeld nam waar dat in rottend vlees al snel maden te zien zijn. De observaties kunnen zijn opgedaan bij beschrijvend onderzoek.



### Probleemstelling

De onderzoeker ervaart het natuurverschijnsel als een probleem en formuleert een **probleemstelling**. In het voorbeeld van Redi: Hoe ontstaan maden in rottend vlees?

### Hypothesevorming

In deze fase wordt getracht een logische verklaring voor het probleem te geven. De onderzoeker stelt hierbij een **hypothese** (een veronderstelling) op. In het voorbeeld van Redi is de hypothese: Maden in rottend vlees ontstaan uit de eieren van vliegen.

### Experimentele fase

In deze fase wordt getoetst of de opgestelde hypothese juist is of onjuist. De onderzoeker voert meestal experimenten uit en verzamelt gegevens. Het bedenken van een goed opgezet experiment is soms moeilijk. Vaak is de probleemstelling te vaag geformuleerd. De probleemstelling wordt dan herleid tot een **onderzoeksvraag**, die nauwkeuriger is geformuleerd. In het voorbeeld van Redi luidt de onderzoeksvraag: Ontstaan maden spontaan uit rottend vlees of ontstaan ze uit de eieren van vliegen?

Op basis van de hypothese kan een **verwachting** worden uitgesproken over de uitkomst van het experiment. Zo'n verwachting wordt als volgt geformuleerd: Als ... (hier wordt de hypothese ingevuld), dan ... (hier volgt de uitkomst van het experiment). In het voorbeeld van Redi luidt de verwachting: Als maden uit de eieren van vliegen ontstaan, dan zullen er geen maden in rottend vlees verschijnen als er geen vliegen bij het vlees kunnen komen.

Bij experimenten wordt vaak gewerkt met twee groepen: een experimenteelgroep en een controlegroep. In de experimenteelgroep worden organismen blootgesteld aan een bepaalde invloed. In de controlegroep wordt dezelfde proef uitgevoerd, maar nu is de invloed afwezig (de zogenaamde blanco proef). Per experiment mag maar één invloed tegelijk worden onderzocht. Alle andere omstandigheden moeten bij de experimenteelgroep en bij de controlegroep gelijk zijn. Om betrouwbare gegevens te krijgen moeten beide groepen uit grote aantallen organismen bestaan. De experimentele fase van hypothesetoetsend onderzoek kan ook bestaan uit het vergelijken van twee of meer groepen zonder dat er een experiment wordt uitgevoerd.

### Resultaten

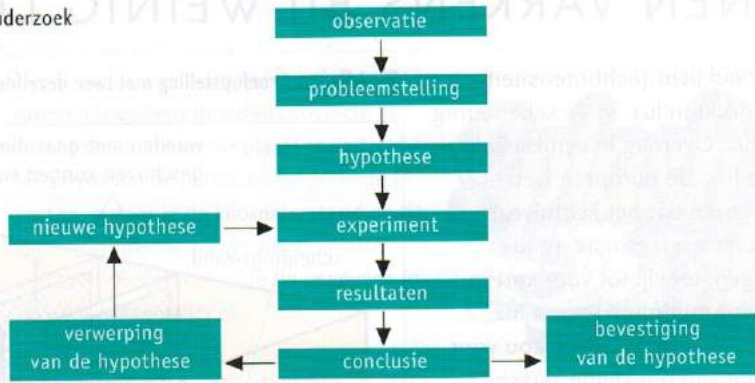
In deze fase worden waarnemingen verricht en (meet)gegevens verzameld. De resultaten worden zo overzichtelijk mogelijk weergegeven. Dat kan in de vorm van tabellen, grafieken of diagrammen.

### Conclusie

De onderzoeker vergelijkt de resultaten van de experimenten met de verwachting die is uitgesproken. Komen de resultaten overeen met de geformuleerde verwachting, dan kan de conclusie worden getrokken dat de hypothese juist is. Wanneer de hypothese onjuist blijkt te zijn, zal de onderzoeker een nieuwe hypothese moeten opstellen en vervolgens deze hypothese met een nieuw experiment moeten toetsen. In afbeelding 29 zijn de fasen weergegeven van natuurwetenschappelijk onderzoek gebaseerd op het toetsen van een hypothese. Bij beschrijvend onderzoek kunnen ook enkele van deze fasen voorkomen, zoals observatie, probleemstelling, resultaten, conclusie.



► **Afb. 29** Fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek gebaseerd op het toetsen van een hypothese.

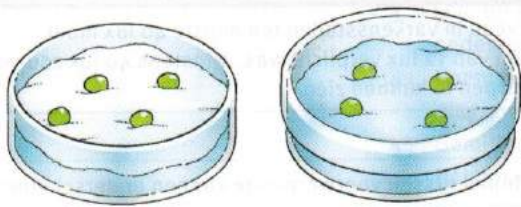


**opdracht 9**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Is het onderzoek naar de darmflora waarbij enterotypen werden ontdekt (zie afbeelding 5) een voorbeeld van beschrijvend onderzoek of van hypothesetoetsend onderzoek? Leg je antwoord uit.
- 2 Is het onderzoek naar de invloed van de darmflora op de vertering van voedingsstoffen (zie afbeelding 4) een voorbeeld van beschrijvend onderzoek of van hypothesetoetsend onderzoek? Leg je antwoord uit.
- 3 Waarom moet in een experiment altijd een blanco proef worden opgenomen?
- 4 Bij een onderzoek naar de invloed van nicotine (een stof in tabaksrook) wordt gebruikgemaakt van ratten. De experimenteergroep bestaat uit vier groepen ratten. Elke groep wordt per etmaal met een bepaalde hoeveelheid nicotine-oplossing ingespoten en in een omgeving gebracht waar de temperatuur 25 °C is. Beschrijf hoe de controlegroep bij dit experiment moet worden behandeld.
- 5 Een leerling onderzoekt de invloed van water op de ontkieming van erwten. Haar proefopstelling bevat enkele onnauwkeurigheden (zie afbeelding 30). Beschrijf twee manieren waarop haar proefopstelling kan worden verbeterd.
- 6 Bij een onderzoek naar de ontkieming van zaden worden in vier schalen droge zaden gedaan (zie afbeelding 31). Welke van deze schalen moeten met elkaar worden vergeleken om de invloed van de temperatuur op de kieming van zaden na te gaan?

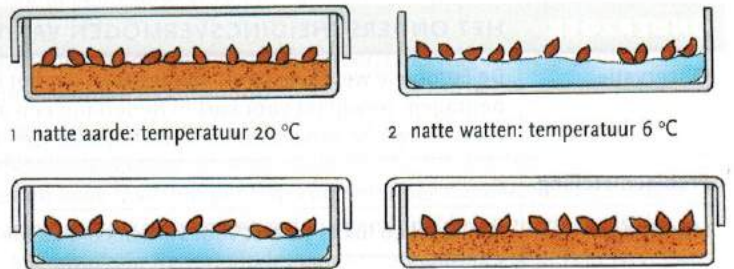
▼ **Afb. 30** Onnauwkeurige proefopstelling.



1 schaal met natte watten

2 schaal met droge watten

▼ **Afb. 31**



1 natte aarde: temperatuur 20 °C

2 natte watten: temperatuur 6 °C

3 natte watten: temperatuur 20 °C

4 natte aarde: temperatuur 6 °C

**opdracht 10**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 In de context 'Kunnen varkens bij weinig licht nog zien?' lees je over een onderzoek naar het onderscheidingsvermogen van varkens bij verschillende lichtsterktes. In het schema hierna zie je enkele fasen van dit onderzoek ingevuld. Noteer de ontbrekende fasen: probleemstelling, verwachting, conclusie.
- 2 Dit experiment heeft meerdere experimenteergroepen. Welk experiment kan in dit onderzoek de controlegroep (blanco proef) worden genoemd? Leg je antwoord uit.

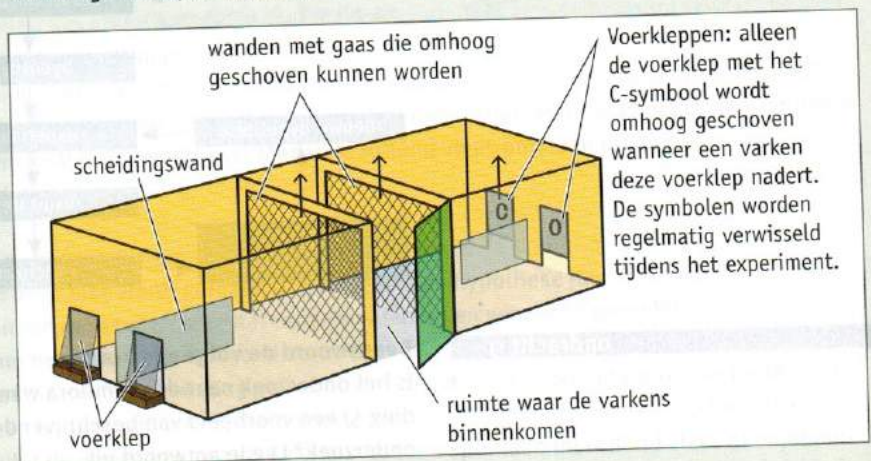


# KUNNEN VARKENS BIJ WEINIG LICHT NOG ZIEN?

De hoeveelheid licht (lichtintensiteit) wordt uitgedrukt in lux. In de schemering is het  $\pm 10$  lux. Overdag in een klaslokaal is het  $\pm 400$  lux. De Europese wetgever heeft aangegeven dat het lichtniveau in varkensstallen ten minste 40 lux moet bedragen, terwijl tot voor kort in Nederland een minimum van 12 lux verplicht was. Minstens 40 lux zou voor varkens nodig zijn om kleine verschillen tussen voorwerpen te kunnen zien. Onderzoekers van het Wageningen UR Livestock Research onderzochten welke lichtsterkte vereist is om kleine verschillen tussen voorwerpen te kunnen onderscheiden. Ze vroegen zich daarbij af of 40 lux in plaats van 12 lux voor varkens wel vereist is om kleine verschillen tussen voorwerpen te kunnen onderscheiden. Varkens zijn immers dieren die in de schemering actief zijn. Het verplicht stellen van 40 lux kan een varkenshouder met drieduizend varkens al gauw € 1.800,- op jaarbasis kosten. De onderzoekers deden het volgende experiment. Ze leerden twintig varkens twee symbolen van 20 cm grootte bij 80 lux. Bij deze lichtsterkte werd verondersteld dat de varkens goed symbolen konden onderscheiden. Een voerklep met het symbool C gaf toegang tot een voerbeloning. Een voerklep met het symbool O bleef dicht (zie de afbeelding). Wanneer de varkens minder dan 20% foute keuzes maakten, werd verondersteld dat ze het onderscheid tussen de twee symbolen goed konden maken. Nadat de varkens de symbolen uit elkaar konden houden, werd de hoeveelheid licht teruggebracht naar 40 lux en daarna telkens verminderd. In de tabel hieronder staan de bevindingen van de onderzoekers.

Naar: J. Zonderland, Wageningen UR Livestock Research, 2007.

▼ Afb. 32 Proefopstelling met twee dezelfde proefruimten.



Hoeveelheid licht (lux)	Foute keuzes
0,5	23%
3	16%
6	17%
12	19%
20	17%
30	18%
40	17%
80	18%

## ONDERZOEK HET ONDERSCHIEDINGSVERMOGEN VAN VARKENS BIJ VERSCHILLENDE LICHTSTERKTES

<b>Observatie</b>	De Europese wetgever heeft aangegeven dat het lichtniveau in varkensstallen ten minste 40 lux moet bedragen, terwijl tot voor kort in Nederland een minimum van 12 lux verplicht was. Minstens 40 lux zou voor varkens vereist zijn om kleine verschillen tussen voorwerpen te kunnen zien.
<b>Probleemstelling</b>	
<b>Hypothese</b>	Minimaal 40 lux is vereist voor varkens om kleine verschillen tussen voorwerpen te kunnen onderscheiden.
<b>Experiment</b>	Onderzoeksvraag: Is voor varkens minimaal 40 lux vereist om kleine verschillen tussen symbolen te kunnen onderscheiden? Verwachting:
<b>Resultaten</b>	Zie tabel.
<b>Conclusie</b>	



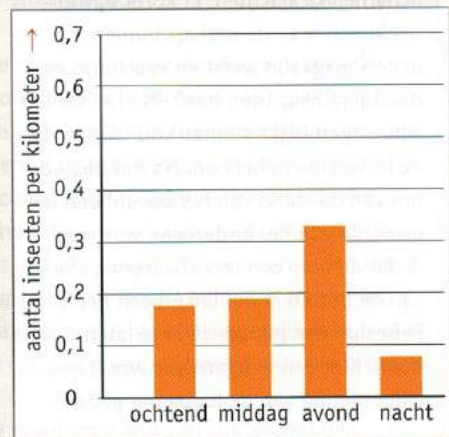
## ▼ Afb. 33

## Gesplashte insecten tellen op je nummerbord

Onderzoekers vermoeden dat het aantal insecten in Nederland afneemt en dat is geen goed nieuws. Insecten vervullen namelijk een cruciale rol bij de bestuiving van planten in de natuur en van landbouwgewassen. Daarnaast zijn er veel dieren zoals vogels en vleermuizen afhankelijk van insecten als voedselbron. Er is nu nog weinig bekend over het voorkomen van insecten in Nederland, maar onderzoekers van de Universiteit Wageningen hebben een inventief plan bedacht om meer over de insectenstand in Nederland te weten te komen. Op de website [www.splashteller.nl](http://www.splashteller.nl) kan iedereen het aantal geplette insecten op zijn nummerbord doorgeven. Voor elke reis moet je de nummerplaat van de auto schoonmaken, de datum, tijd en kilometerstand

noteren, opgeven in welke provincie je woont en vanuit welke plaats je vertrekt. Bij aankomst tel je het aantal geplette insecten, noteer je de kilometerstand en de verst verwijderde plaats van de vertrekplaats in. Ten slotte vul je de gegevens in op [www.splashteller.nl](http://www.splashteller.nl).

De Wageningse onderzoeker Arnold van Vliet vertelt enthousiast over het onderzoek. We hebben geen idee waar, wanneer en hoeveel insecten er in Nederland in de lucht vliegen. Doordat iedereen mee kan doen, kun je nu goedkoop veel data krijgen. De eerste data zijn al binnen waaruit we conclusies kunnen trekken (zie diagram). De bedoeling is dat het onderzoek een aantal jaren loopt. Zo kan de insectendichtheid in de loop van het jaar en meerdere jaren worden gemeten. De ingevoerde gegevens kunnen ten slotte goed worden gecombineerd met gegevens van de vele weerstations van het KNMI.



### opdracht 11

#### Beantwoord de volgende vragen met behulp van afbeelding 33.

- 1 Is het onderzoek van afbeelding 33 een voorbeeld van beschrijvend onderzoek of van hypothesetoetsend onderzoek? Leg je antwoord uit.
- 2 Om de resultaten onderling te kunnen vergelijken, is het belangrijk dat alle waarnemers op dezelfde manier insecten tellen. Noem in dit verband een voordeel van het gebruik van de nummerplaat als insectenvanger.
- 3 Leid uit het artikel twee voorbeelden af van onderzoeksvragen die met dit onderzoek kunnen worden beantwoord.
- 4 Noem een voorbeeld van een (voorlopige) conclusie die je kunt trekken uit het diagram van afbeelding 33 over de insectendichtheid per dagdeel.
- 5 Gemiddeld werden twee insecten per tien kilometer per nummerplaat gevangen. Het oppervlak van de voorkant van een auto is gemiddeld  $40 \times 20$  groot als de nummerplaat. Alle auto's in Nederland leggen samen jaarlijks ongeveer tweehonderd miljard kilometer af. Bereken hoeveel insecten jaarlijks in Nederland ongeveer omkomen door het verkeer.

### opdracht 12

#### Beantwoord de volgende vragen met behulp van afbeelding 34.

Ook in medische beroepen heb je te maken met onderzoek dat vergelijkbaar is met beschrijvend onderzoek en hypothesetoetsend onderzoek.

- 1 Welk deel van het onderzoek dat de fysiotherapeut van afbeelding 34 uitvoert, zou je beschrijvend onderzoek kunnen noemen?

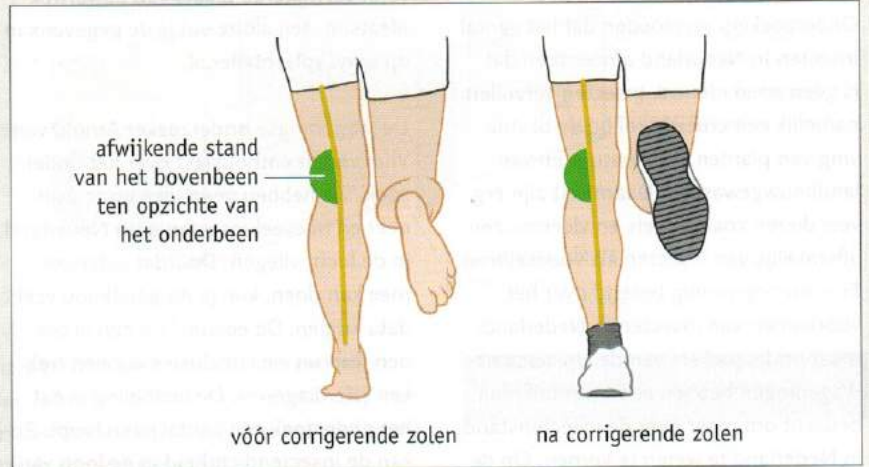


- 2 Wat zou je in dit geval hypothesetoetsend onderzoek kunnen noemen? Noem in dit voorbeeld: de hypothese, het experiment en de conclusie.
- 3 Beschrijvend onderzoek wordt ook wel 'beschrijvende wetenschap' genoemd en hypothesetoetsend onderzoek wordt ook wel 'verklarende wetenschap' genoemd. Leg dat uit met het voorbeeld van de fysiotherapeut die de klacht van de patiënt onderzoekt.

## ▼ Afb. 34

## Fysiotherapeut

'Hallo, mijn naam is Simon. Als fysiotherapeut onderzoek en behandel ik patiënten met allerlei verschillende lichamelijke klachten. Er komt bijvoorbeeld een man de praktijk binnen die in een magazijn werkt en veel loopt en daarbij pijnklachten heeft. Na het stellen van vragen blijkt de man vooral pijn aan de linkerknie te hebben. Na het bestuderen van de stand van het bovenbeen ten opzichte van het onderbeen vermoed ik dat de man een iets afwijkende stand van de botten in het linkerbeen heeft. Ik besluit een ganganalyse te laten doen. Met een ganganalyse wordt een videometing van de loopgang gedaan.



Het bleek inderdaad een afwijkende stand van het boven- en onderbeen ten opzichte van elkaar te zijn. Na het

gebruik van corrigerende zolen namen de klachten sterk af.'

### DE KWALITEIT VAN ONDERZOEK BEOORDELEN

Onderzoek moet van goede kwaliteit zijn. Enkele kenmerken van goed onderzoek zijn al aan de orde gekomen: er is gewerkt met voldoende aantallen en tussen de proefgroep en de controlegroep is slechts één factor verschillend.

Biologen onderzoeken organismen. Het is vaak niet mogelijk alle organismen van een bepaalde groep te onderzoeken. Onderzoekers selecteren dan een deel van de groep die men wil onderzoeken door middel van een **steekproef**. Het is belangrijk dat de steekproef representatief is. Een representatieve steekproef is een goede afspiegeling van de te onderzoeken groep. Maar er zijn meer criteria waaraan onderzoek moet voldoen.

Bij elk onderzoek wordt iets gemeten. Bijvoorbeeld welke planten er in een bos groeien of wat de invloed is van voedingsstoffen op de groei van planten. Bij elke meting kan een onderzoeker fouten maken. Sommige fouten zijn toevallig: afhankelijk van de omstandigheden treden er verschillende fouten op. Sommige fouten zijn systematisch: er treedt steeds dezelfde fout op. Betrouwbaar onderzoek betekent dat de resultaten van het onderzoek zo min mogelijk toevallige fouten bevat. Wanneer een meting of een onderzoek wordt herhaald, levert dat zo veel mogelijk dezelfde resultaten op. Valide onderzoek betekent dat het onderzoek zo min mogelijk systematische fouten bevat. We geven van beide een voorbeeld.



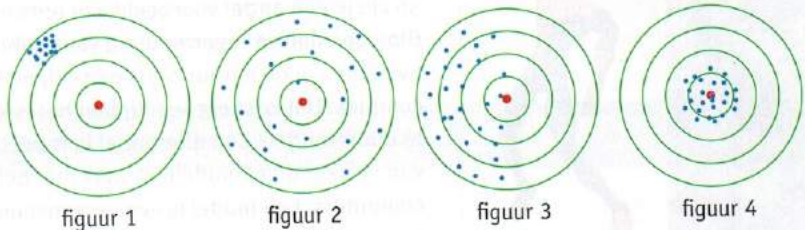
**Betrouwbaarheid:** Leerlingen willen meten of men na het drinken van een energiedrankje sneller reageert. Dat kan op twee manieren. Test 1: proefpersonen doen twee keer een snelheidstest, eerst zonder energiedrankje, daarna met energiedrankje. Elke proefpersoon krijgt één energiedrankje. Test 2: dezelfde test als test 1, maar elke proefpersoon wordt gewogen. Zware proefpersonen krijgen per kilogram lichaamsgewicht evenveel pepmiddel binnen als lichte proefpersonen. Test 1 is onbetrouwbaarder, omdat er meer toevallige fouten worden gemaakt. Lichte proefpersonen hebben minder bloed dan zware proefpersonen, maar krijgen evenveel pepmiddel binnen. Bij lichte proefpersonen zal het bloed daardoor per milliliter veel meer pepmiddel bevatten dan het bloed van zware proefpersonen. Dat zal de test beïnvloeden. Als je door een energiedrankje sneller reageert, zullen lichte proefpersonen sneller reageren en zware proefpersonen minder snel. Afhankelijk van de omstandigheden (lichte en zware proefpersonen) treden verschillende fouten op (sneller of minder snel reageren).

**Validiteit:** Politieagenten willen meten hoe vaak scooterbestuurders 's avonds in het weekend onder invloed zijn van alcohol. Dat kan met twee verschillende testen. Test 1: ze vragen of de scooterbestuurders alcohol hebben gedronken. Test 2: ze verplichten de scooterbestuurders een blaastest te doen. Bij test 1 zullen waarschijnlijk veel bestuurders die wel alcohol hebben gedronken dit telkens ontkennen. Er wordt dan een systematische fout gemaakt. Er wordt telkens een veel lager percentage scooterrijders onder invloed van alcohol gemeten dan het werkelijke percentage. Test 1 is dan weinig valide, er is niet gemeten wat men wilde meten. Test 2 is veel meer valide. Daarbij wordt veel beter gemeten hoe vaak bestuurders van scooters 's avonds in het weekend onder invloed zijn van alcohol.

## opdracht 13

In afbeelding 35 zie je vier figuren met de resultaten van vier onderzoeken. De resultaten zijn weergegeven als blauwe stippen op een roos. Geef bij elke figuur het juiste onderschrift. Gebruik: *betrouwbaar*, *niet valide – betrouwbaar*, *valide – niet betrouwbaar*, *niet valide – niet betrouwbaar*, *valide*.

## ► Afb. 35



figuur 1

figuur 2

figuur 3

figuur 4

## opdracht 14

**Beantwoord de volgende vragen.**

- In afbeelding 33 heb je gelezen dat het aantal aangereden insecten boven wegen is gemeten. Kun je de steekproef uit het onderzoek van afbeelding 33 representatief noemen wanneer de probleemstelling is: 'Wat is de insectendichtheid in Nederland?' Leg je antwoord uit.
- Een nummerbord bevindt zich op ongeveer een halve meter hoogte. Stel dat uit onderzoek zou blijken dat op een halve meter hoogte zich gemiddeld veel minder insecten bevinden dan op één tot twee meter hoogte. Is het gebruik van het nummerbord dan een minder betrouwbaar of een minder valide meetinstrument?
- Stel dat 's avonds in de maand juni het aantal gesplachte insecten per kilometer in Nederland grote verschillen vertoont. Is deze meting dan minder betrouwbaar of minder valide?



# 6 Onderzoeksaanpak

▼ Afb. 36

## Superkleefkracht

MANCHESTER – Gekko's zijn reptielen die worden bewonderd vanwege hun enorme kleefkracht. Biologen uit verschillende delen van de wereld zijn daarom samen gaan werken aan de ontwikkeling van een soort gekkotape: plakband met superkleefkracht. Afgekeken van de miljoenen uitzonderlijk kleine haartjes, onder de voetzolen van de gekko. In de afbeelding is een speelgoedfiguurtje van Spiderman te zien dat met een stukje gekkotape in de hand aan het plafond hangt.

Bron: A.K. Geim, *Nature Materials*, 2003. Foto Spiderman: *Nature*.



In basisstof 5 heb je geleerd dat we twee soorten natuurwetenschappelijk onderzoek onderscheiden: beschrijvend onderzoek en onderzoek gebaseerd op een hypothese. Elk van deze twee soorten onderzoek kun je op verschillende manieren aanpakken. Welke aanpak je gebruikt, heeft te maken met de onderzoeksvraag. We noemen hier enkele veelgebruikte onderzoeksmethoden.

### ONDERZOEKSMETHODEN

Met enkele onderzoeksmethoden heb je al kennisgemaakt in basisstof 5. Biologen verzamelen data door middel van **observatie**. Biologen meten organismen, verschijnselen of gedragingen. Observatie speelt bij elke soort onderzoek en elke onderzoeksmethode een rol. Soms is observatie de enige onderzoeksmethode. Een hypothese kan worden getoetst door observatie van verschillende groepen, maar ook door middel van een **experiment**. In een experiment wordt de werkelijkheid gemanipuleerd. De experimenteergroep wordt blootgesteld aan een bepaalde factor die men wil onderzoeken, de controlegroep niet. Experimenten kunnen worden uitgevoerd in een laboratorium of in een veldsituatie. Een andere onderzoeksmethode is het houden van een **interview**: een aantal personen wordt mondeling (bijvoorbeeld telefonisch) of schriftelijk (bijvoorbeeld via internet) bevraagd, meestal in de vorm van een steekproef. Onderzoekers kunnen ook een **literatuuronderzoek** uitvoeren. Er wordt dan gebruikgemaakt van bestaand materiaal.

Bij **ontwerponderzoek** maakt de onderzoeker een concreet product als antwoord op de probleemstelling. Dat product kan een instrument zijn of een test zoals de DNA-test darmflora die in basisstof 1 is behandeld. Bij ontwerponderzoek is vaak een onderzoeksgedeelte en een ontwerpgedeelte te onderscheiden. In afbeelding 36 zie je een ander voorbeeld van ontwerponderzoek.

Biologen maken tegenwoordig vaak gebruik van modellen voor onderzoek. Systemen in de natuur zoals een cel, een organel of een ecosysteem zijn erg complex. Het kost erg veel tijd en het is kostbaar om de processen in dat systeem te doorgronden. Een alternatief is **modelleren**. Dat is het maken en uitproberen van (wiskundige) modellen, vaak met behulp van software en de rekenkracht van computers. Een model is een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Met behulp van modellen kunnen hypothesen worden getoetst. Tijdens de experimentele fase wordt dan gebruikgemaakt van een model. Met modellen kunnen voorspellingen worden gedaan (zie afbeelding 37).

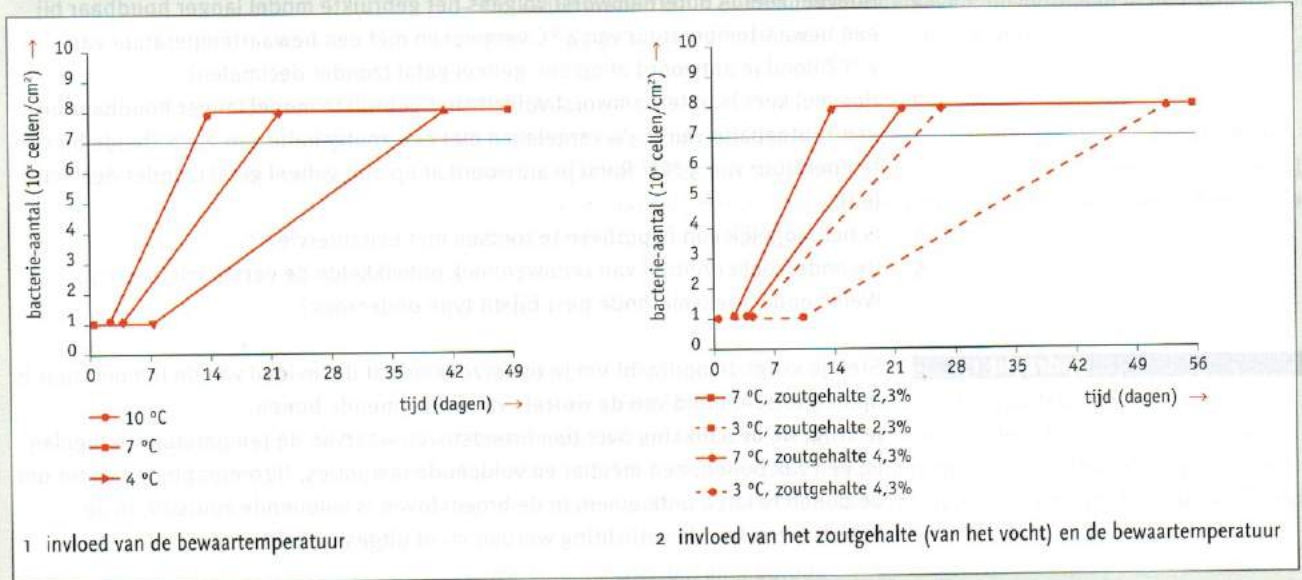
## VOORSPELLEN MET MODELLEN

Microbiologen van het Onderzoeksinstituut TNO en van de Universiteit Utrecht ontwikkelden een model voor de populatiegroei van bacteriën waarmee onder verschillende omstandigheden de houdbaarheid van vers vlees en vleeswaren kon worden voorspeld. Zo bleek de houdbaarheid voor een groot deel af te hangen van de bewaartemperatuur en de samenstelling van de vleeswaren, zoals het zoutgehalte. De bacteriën van de bederfflora van vacuümverpakt of gasverpakt vers vlees bestaan voornamelijk uit

melkzuurbacteriën. Over het algemeen wordt aangenomen dat bederfverschijnselen optreden wanneer het aantal melkzuurbacteriën het aantal van  $10^7$  cellen/cm<sup>2</sup> enige tijd heeft overschreden. Met behulp van hun computermodel kunnen de omstandigheden eenvoudig gemanipuleerd worden en hiermee voorspellingen worden gedaan.  
Naar: M.L.T. Kant-Muermans en F.K. Stekelenburg, *De rol van de microbiologie in de vleeswarenindustrie*.



▼ Afb. 37 Houdbaarheid van vacuüm verpakte boterhamworst.



**opdracht 15**

Er zijn verschillende methoden om onderzoek aan te pakken. Neem het schema over en kruis aan welke methode bij de volgende onderzoeken geschikt is. Je kunt meerdere vakken per onderzoek aankruisen.

- Onderzoek naar de invloed van meststoffen op de groeisnelheid van maïs.
- Onderzoek naar de soortensamenstelling van een loofbos.
- Onderzoek naar de ontwikkeling van een DNA-test.
- Onderzoek naar het overslaan van het ontbijt onder scholieren.
- Met behulp van computers de populatiegrootte van edelherten bij variërend voedselaanbod berekenen.
- Voor het begin van een onderzoek inventariseren wat al over dit onderwerp bekend is.

Onderzoek	Experiment	Interview	Literatuur-onderzoek	Modelleren	Observatie	Ontwerp-onderzoek
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**opdracht 16**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- Een bacterie kan zich onder ideale omstandigheden elke 30 minuten delen. Hiervan kan een eenvoudig groeimodel worden opgesteld dat geldt voor de eerste uren groei:  $y = b \times a^t$ , waarbij  $y$  = aantal bacteriën na  $t$  perioden,  $b$  = aantal bacteriën bij start,  $a$  = groeifactor (in dit geval 2),  $t$  = periode of delingstijd (24 uur bestaat in dit geval uit 48 perioden van 30 minuten).  
Leg met dit voorbeeld uit dat biologen met modellen voorspellingen kunnen doen door het aantal bacteriën na 12 uur te berekenen bij een startaantal van 3 bacteriën.



In de vleesverwerkingsindustrie wordt door microbiologen voorspellingen gedaan met modellen (zie afbeelding 37).

- 2 Hoeveel keer is boterhamworst volgens het gebruikte model langer houdbaar bij een bewaartemperatuur van 4 °C vergeleken met een bewaartemperatuur van 7 °C? Rond je antwoord af op een geheel getal (zonder decimalen).
- 3 Hoeveel keer is boterhamworst volgens het gebruikte model langer houdbaar bij een zoutgehalte van 4,3% vergeleken met een zoutgehalte van 2,3% (beide bij een temperatuur van 3 °C)? Rond je antwoord af op een geheel getal (zonder decimalen).
- 4 Is het mogelijk een hypothese te toetsen met een interview?
- 5 De onderzoeker Antoni van Leeuwenhoek ontwikkelde de eerste microscoop. Welke onderzoeksmethode past bij dit type onderzoek?

### opdracht 17

Stel, je krijgt de opdracht om te onderzoeken wat de invloed van de temperatuur is op de groeisnelheid van de wortels van ontkiemende bonen.

Je krijgt de beschikking over tien broedstoven waarvan de temperatuur te regelen is, een zak bonen, een meetlat en voldoende jampotjes, filtreerpapier en water om de bonen te laten ontkiemen. In de broedstoven is voldoende zuurstof. In de broedstoven kan de verlichting worden in- of uitgeschakeld.

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoeveel bonen leg je te ontkiemen?
- 2 Op welke temperatuur stel je de broedstoven in?
- 3 Wat doe je met de verlichting in de broedstoven?
- 4 Welke metingen moet je verrichten om de groeisnelheid van de wortels te kunnen bepalen?
- 5 Welke bewerking moeten je meetresultaten ondergaan, voordat je een conclusie kunt trekken?

#### WERKPLAN

Hierin beschrijf je hoe je het onderzoek gaat aanpakken en maak je een lijst van de benodigde materialen. Het experiment is een veelgebruikte onderzoeksmethode in het vak biologie. In opdracht 17 heb je een aantal vragen beantwoord over de manier waarop je een experiment uitvoert. Deze vragen maken deel uit van een werkplan. In een werkplan staat beschreven welk experiment of welke experimenten je bij een onderzoek wilt uitvoeren en hoe je de resultaten wilt verwerken. Een werkplan stel je op vóórdat je begint met de uitvoering van een experiment. Hierna volgt een aantal vragen die je kunt stellen bij het maken van een werkplan.

#### Werkwijze

- Welke factor onderzoek je?
- Bij een experiment: Met welke soort voer je de proef uit? Waarom met deze soort? Hoeveel organismen neem je om betrouwbare gegevens te verkrijgen? Onder welke omstandigheden voer je de proef (en de blanco proef) uit?
- Hoe zorg je ervoor dat andere factoren niet van invloed zijn?

#### Benodigdheden

- Wat heb je nodig om het onderzoek te kunnen uitvoeren?



*Resultaten*

- Op welke manier ga je de resultaten van het onderzoek meten?
- Op welke manier ga je de resultaten weergeven, bijvoorbeeld in een schema, in een lijndiagram (een grafiek) of in een staafdiagram?

**VERSLAG**

Elk onderzoek wordt afgesloten met een verslag. Hierin worden de verschillende fasen van het natuurwetenschappelijk onderzoek nauwkeurig beschreven. Ook jij zult van het onderzoek dat je uitvoert vaak een verslag moeten maken. Een verslag bestaat uit de volgende onderdelen.

**1 Titel****2 Inleiding**

In de inleiding geef je achtergrondinformatie over je onderwerp. Je beschrijft wat je wilt onderzoeken. Je formuleert een probleemstelling en stelt eventueel een hypothese op. De probleemstelling herleid je tot een onderzoeksvraag. Op grond van je hypothese spreek je een verwachting uit over de uitkomst van je onderzoek.

**3 Werkplan: materiaal en methode**

Hierin beschrijf je welke onderzoeksmethode je toepast. In dit deel van het verslag maak je ook een lijst van de benodigde materialen. Wanneer je een experiment uitvoert, beschrijf of teken je de proefopstelling. Ook beschrijf je welke handelingen je op welke tijdstippen gaat verrichten en hoe je je resultaten gaat verzamelen en verwerken. De beschrijvingen van de onderzoeksmethode en de materialen moeten zo nauwkeurig zijn dat iemand anders in staat is het onderzoek te herhalen.

**4 Resultaten**

Hierin beschrijf je het verloop van het onderzoek, bijvoorbeeld het verloop van de proef. Noteer je waarnemingen in woorden en vat je meetresultaten in tabellen, grafieken en/of diagrammen samen.

**5 Conclusie en discussie**

Hierin kijk je kritisch naar de proefopzet en de uitvoering van het onderzoek. Is alles volgens plan verlopen? Je analyseert de verkregen resultaten. Je vergelijkt de resultaten met de verwachting in de inleiding. Vervolgens trek je de conclusie of de opgestelde hypothese juist of onjuist is. In de discussie kijk je ook kritisch naar de betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek.

Probeer redenen te geven als de resultaten de hypothese niet bevestigen. Stel eventueel een nieuwe hypothese op en geef aan hoe deze hypothese kan worden onderzocht. Voer dit nieuwe experiment uit als je daartoe de mogelijkheid hebt.

**6 Literatuur**


Hierin vermeld je de bronnen die je bij dit onderzoek hebt geraadpleegd.

▼ **Afb. 38** Een verslag.



## ▼ Afb. 39

**BIOLOGISCHE TECHNIEK****HET KWEKEN VAN BACTERIEKOLONIES (KLASSIEK)**

<b>Doel</b>	Afzonderlijke bacteriën zijn met het blote oog niet te zien. Je kunt bacteriën kweken op een voedingsbodem. Door deling ontstaan kolonies bacteriën (zie de afbeelding) waardoor bacteriën zichtbaar worden met het blote oog.
<b>Werkwijze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdeel met een viltstift de onderzijde van een petrischaal in delen. De lijnen moeten door de voedingsbodem heen te zien zijn.</li> <li>• Bestrijk elk deel van de voedingsbodem met een voorwerp dat onderzocht moet worden op de aanwezigheid van bacteriën. <i>Werk zo steriel mogelijk.</i> Er zweven ook micro-organismen in de lucht die de proef zo min mogelijk mogen vervuilen. Plaats daarom het deksel telkens snel weer op de petrischaal.</li> <li>• Draai vervolgens de schaal om waarbij het deksel goed gesloten blijft. Noteer op een etiket waarmee is 'besmet' en plak dit etiket op de bodem (of beschrijf de delen van de bodem van de petrischaal).</li> <li>• Laat de schaal enkele dagen staan (zo mogelijk in een broedstoof) met de etiketten naar boven. Zo wordt voorkomen dat er druppels condensatiewater op de voedingsbodem vallen.</li> </ul>
<b>Resultaat</b>	 <p>Petrischaal met bacteriekolonies. Het meest linkse deel is besmet met de bacterie <i>Escherichia coli</i>.</p>

## ▼ Afb. 40

**BIOLOGISCHE TECHNIEK****HET KWEKEN VAN MICRO-ORGANISMEN MET CULTURE CHIPS**

<b>Doel</b>	Op een snelle en goedkope manier veel monsters tegelijk testen op de aanwezigheid van (specifieke) micro-organismen.
<b>Werkwijze</b>	Bacteriën kweken met petrischalen (de klassieke methode) gaat langzaam, zorgt voor veel afval en is arbeidsintensief en daardoor duur. Door duizenden microcompartimenten te maken op een klein oppervlak kunnen vele monsters tegelijk worden bekeken, waardoor snel en goedkoop kan worden getest op de aanwezigheid van specifieke micro-organismen. Een chip van 8 × 36 mm bevat 180 000 kweekoppervlakten.
<b>Resultaat</b>	 <p>Met behulp van microscopische foto's wordt het testresultaat zichtbaar. In de lichtgekleurde cellen zijn micro-organismen zichtbaar.</p>



## opdracht 18

## PRACTICUM

## DE INVLOED VAN (BACTERIEDODENDE) ZEEP OP DE HUIDFLORA

<b>Inleiding</b>	Lees het artikel van afbeelding 41. De Gezondheidsraad moet een advies geven over het gebruik van bacteriedodende zeep voor gezonde mensen. Als eerste wil zij weten wat bij het wassen van handen het bacterieremmende effect is van bacteriedodende handzeep ten opzichte van gewone zeep. Een laboratorium krijgt daartoe de opdracht dit te onderzoeken.
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Als onderzoeker van dit laboratorium ga je de invloed van bacteriedodende zeep en van gewone zeep op de aanwezigheid van micro-organismen op je huid (huidflora) onderzoeken. Twee kweekmethoden van bacteriën die worden gebruikt in moderne laboratoria zijn weergegeven in afbeelding 39 en 40. Je gebruikt de onderzoeksmethode van afbeelding 39.</li> <li>Ontwerp een experiment volgens de fasen van een natuurwetenschappelijk onderzoek. Begin met een probleemstelling. Maak een werkplan waarin je precies beschrijft hoe je je experiment wilt uitvoeren.</li> <li>Leg je ontwerp voor aan je docent. Die controleert of het ontwerp goed is en of het werkplan uitvoerbaar is. Daarna kun je het experiment uitvoeren.</li> <li>Maak een verslag van je onderzoek, zoals je dat geleerd hebt. Leg bij de conclusie en discussie uit dat de biologische techniek van afbeelding 40 tot een beter resultaat leidt.</li> </ul>

## ▼ Afb. 41

**Bacteriedodende zeep**

Volgens wetenschappers in *Scientific American* kunnen stoffen in bacteriedodende zeep resistente bacteriestammen tot gevolg hebben. Kleine hoeveelheden van deze bacteriedodende stoffen blijven achter op de huid, veel meer dan het geval is bij het gebruik van gewone zeep. Door de langdurige aanwezigheid van kleine hoeveelheden bacteriedodende stoffen krijgen bacteriën in de loop der jaren de gelegenheid zich aan te passen aan deze stoffen. Op den duur zullen bepaalde populaties bacteriën dan resistent (tegen deze stoffen bestand) zijn. Het is maar de vraag of

gezonde mensen deze bacteriedodende zeep wel moeten gebruiken.

Wanneer een bacteriedodende zeep te veel wordt gebruikt zal hij op de huidflora, die vooral bestaat uit goede micro-organismen, zelfs te veel schade aanbrengen waardoor het beschermende schild van goede micro-organismen wordt aangetast. Bacteriedodende zeep kan wel een functie hebben voor mensen met een verminderde weerstand, zoals baby's, ouderen of zieken die door bacteriedodende zeep extra bescherming nodig hebben, zo beweren de onderzoekers.

Bron: *Scientific American*, 7 juni 2007.



Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.
- Na de diagnostische toets kun je de eindopdracht en een of meer verrijkingstoffen maken.



# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context kunnen beschrijven wat biologie is en op welke gebieden biologie een centrale rol speelt bij enkele grote vraagstukken van de toekomst.

- Biologie is de studie van organismen (levende wezens).
  - Alle organismen vertonen levensverschijnselen zoals voortplanting, stofwisseling, groeien en ontwikkelen. Stofwisseling: alle chemische reacties in een organisme. Enzymen versnellen (katalyseren) de chemische reacties van stofwisselingsprocessen.
  - Als een organisme geen levensverschijnselen meer vertoont, noemen we het dood. Dingen die nooit hebben geleefd, noemen we levenloos.
- Elk organisme heeft een levensloop. De levensloop eindigt met de dood van het individu. Elke soort heeft een levenscyclus.
- Soort: organismen die zich onderling kunnen voortplanten en daarbij vruchtbare nakomelingen kunnen voortbrengen.
- Biologie speelt een belangrijke rol bij grote vraagstukken van de toekomst. Bijv. op het gebied van voeding en voedselzekerheid, gezondheid, duurzame ontwikkeling, energie en veiligheid.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context de organisatieniveaus van de biologie kunnen benoemen en kunnen uitleggen dat op elk hoger organisatieniveau emergente eigenschappen ontstaan.

- Molecuul: moleculen zijn de bouwstenen van stoffen. Een belangrijk molecuul is bijvoorbeeld DNA dat de erfelijke informatie voor een organisme bevat.
- Cel: alle organismen bestaan uit een of meer cellen.
  - Bij prokaryote cellen ligt het DNA los in de cel.
  - Bij eukaryote cellen ligt het DNA in de celkern.
  - Een organel is een deel van een cel dat naar bouw en functie apart is te onderscheiden. Organellen zijn meestal omgeven door een celmembran. De celkern, bladgroenkorrels en vacuolen zijn voorbeelden van organellen. Eukaryote cellen bevatten organellen.
  - Weefsel: groep cellen met dezelfde bouw en functie.
- Orgaan: een deel van een organisme met een specifieke bouw en functie.
  - Bijv.: een blad van een plant, een paddenstoel van een schimmel, de lever van een mens.
  - Organenstelsels bestaan uit organen die samenwer-

ken aan een bepaalde taak: bijv. het spijsverteringsstelsel en het bloedvatstelsel bij de mens en het wortelstelsel bij een plant.

- Organisme: een levend wezen (individu).
  - Complex gebouwde organismen bestaan uit verscheidene organenstelsels.
- Populatie: een groep individuen van dezelfde soort in een bepaald gebied die zich onderling voortplanten.
  - Levensgemeenschap: alle populaties die in een bepaald gebied leven.
- Ecosysteem: een min of meer begrensde gebied met bepaalde eigenschappen waarbinnen de abiotische en biotische factoren een eenheid vormen.
  - Biotische factoren: de invloeden uit de levende natuur.
  - Abiotische factoren: invloeden uit de levenloze natuur.
  - Voorbeelden van ecosystemen: een meer, een bos of een koraalrif.
- Systeem aarde (biosfeer): het geheel aan ecosystemen op aarde.
- Emergente eigenschappen: op elk hoger organisatie-niveau verschijnen nieuwe eigenschappen. Bijv. een oog (orgaan) kan een compleet beeld vertaald in een groot aantal impulsen tegelijkertijd naar de hersenen versturen. Een zintuigcel in het oog kan dat niet.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de hoofdthema's in de biologie kunnen herkennen en kunnen uitleggen dat deze hoofdthema's op verschillende organisatieniveaus een andere betekenis hebben.

- Zelfregulatie: biologische eenheden zoals cellen, organismen en ecosystemen zijn in staat zich te handhaven, door zelfregulatie.
  - Zelfregulatie ontstaat bijvoorbeeld door ademhaling, voeding, beweging, hormonen, zenuwen, zintuigen en transport van stoffen.
  - De niveaus ecosysteem en biosfeer handhaven zich bijv. door een energiestroom en een kringloop van stoffen. Autotrofe organismen leggen daarbij zonlicht vast in chemische energie door middel van fotosynthese. Heterotrofe organismen verbruiken de chemische energie die door autotrofe organismen is vastgelegd.
- Door zelforganisatie zijn biologische eenheden in staat zichzelf te organiseren tot 'biologische eenheden van een hogere orde' waardoor er nieuwe structuren ontstaan met nieuwe emergente eigenschappen.
  - Bijv.: weefsels kunnen zich organiseren tot een orgaan (nieuwe structuur). Met deze nieuwe structuren ontstaan emergente eigenschappen die op een



lager niveau niet te zien zijn. Een bloedvatstelsel (organenstelsel) bijvoorbeeld kan bloed rondpompen, een bloedcel (cel) of bloedvat (orgaan) kan dat niet.

- In de door zelforganisatie ontstane structuren van biologische eenheden is ordening waar te nemen.
- In de geordende structuur van biologische eenheden is een verband te zien tussen vorm en functie van biologische eenheden. Bijv. de stroomlijnvorm van waterdieren.
- **Interactie:** biologische eenheden reageren op andere biologische eenheden en abiotische factoren. Bijv.:
  - op moleculair niveau: stofwisseling.
- **Reproductie:** het vermeerderen van biologische eenheden door bijv. celdeling, voortplanting van organismen of het splitsen van populaties.
- **Evolutie:** de ontwikkeling van het leven op aarde waarbij soorten ontstaan, veranderen en verdwijnen heeft geleid tot de huidige verscheidenheid aan soorten (biodiversiteit).
  - Evolutie is gebaseerd op verscheidenheid in genotypen, natuurlijke selectie en reproductieve isolatie.
  - Genetische variatie door verscheidenheid in genotypen: door geslachtelijke voortplanting en mutaties ontstaan verschillende genotypen.
  - Natuurlijke selectie: de best aangepaste individuen van een soort overleven.
  - Reproductieve isolatie: er vindt gedurende lange tijd geen voortplanting plaats tussen individuen van verschillende populaties van dezelfde soort.
  - De best aangepaste organismen zullen door effectieve zelfregulatie, zelforganisatie, interactie en reproductie hun genen het meest succesvol doorgeven aan de volgende generatie.

#### DOELSTELLING 4

Je moet in een context de grote lijnen van het ordeningssysteem van organismen kunnen beschrijven en de takken van de biologie kunnen noemen die zich hiermee bezighouden.

- Organismen worden ingedeeld in drie domeinen:
  - bacteriën;
  - archaea;
  - eukaryoten.
- Bacteriën en archaea zijn prokaryoten.
- Eukaryoten worden onderverdeeld in drie rijken:
  - dieren;
  - planten;
  - schimmels.
 Protisten zijn een groep nog niet ingedeelde organismen. De meeste protisten zijn eencellig.
- Enkele criteria die bij de indeling in deze domeinen en rijken worden gebruikt, zijn: celtype, het aantal cellen, de aanwezigheid van een celwand en de voedingswijze.
- Een rijk wordt verder ingedeeld in steeds kleinere taxa (groepen).
- **Taxonomie:** de tak van de biologie die zich bezighoudt met het ordeningssysteem.
- **Systematiek:** de tak van de biologie die zich bezighoudt met het indelen van organismen volgens dit ordeningssysteem.
  - Bij deze indeling probeert men de evolutionaire verwantschappen zo goed mogelijk weer te geven door het vergelijken van het DNA van organismen.
  - Het DNA van soorten die zich uit eenzelfde voorouder hebben ontwikkeld vertoont overeenkomst.

Domein	Rijken	Prokaryoot	Eukaryoot	Celwand	Geen celwand	Eencellig	Meercellig	Autotroof	Heterotroof
Bacteriën	ter discussie	x		x		x		x	x
Archaea	ter discussie	x		x		x		x	x
Eukaryoten	protisten*		x	x	x	x	x	x	x
	schimmels		x	x			x		x
	planten		x	x			x	x	
	dieren		x		x		x		x

\*Protisten vormen geen rijk, maar zijn een groep niet-ingedeelde organismen.



## DOELSTELLING 5

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe natuurwetenschappelijk onderzoek wordt uitgevoerd.

- Beschrijvend onderzoek: de onderzoeker verzamelt observaties (data) die tot een conclusie kunnen leiden.
  - Bijv. het bestuderen van plantenweefsel onder de microscoop of het in kaart brengen van het menselijk DNA.
- Onderzoek gebaseerd op een hypothese.
  - Observatie: een bepaald natuurverschijnsel wordt waargenomen.
  - Probleemstelling: op grond van deze waarneming wordt een probleem geformuleerd.
  - Hypothese: een mogelijke verklaring voor het natuurverschijnsel wordt gegeven.
  - Experiment: proeven worden uitgevoerd en gegevens (data) worden verzameld om de hypothese te toetsen. Een hypothese kan ook worden getoetst d.m.v. observaties i.p.v. door een experiment. Twee of meer groepen worden dan met elkaar vergeleken. De probleemstelling wordt herleid tot een onderzoeksvraag. Er wordt een verwachting uitgesproken over de uitkomsten van het experiment, waarbij de als, dan-redenering wordt toegepast. Bij een experiment wordt vaak gewerkt met een experimenteelgroep en een controlegroep (de blanco proef).
  - Resultaten: deze worden overzichtelijk weergegeven (o.a. in tabellen, grafieken en diagrammen).
  - Conclusie: de resultaten worden getoetst aan de verwachting en de hypothese.

## DOELSTELLING 6

Je moet in een context de kwaliteit van een onderzoek kunnen beoordelen.

- Er is gewerkt met voldoende aantallen.
- De experimenteelgroep verschilt slechts met één factor van de controlegroep. Alle andere omstandigheden zijn bij beide groepen gelijk.
- Steekproef: een selectie uit een groep die men wil onderzoeken. Een steekproef moet representatief zijn: een goede afspiegeling van de te onderzoeken groep.
- Goed onderzoek is betrouwbaar:
  - Toevallige fouten: onder verschillende omstandigheden worden verschillende resultaten behaald.
  - Toevallige fouten worden zoveel mogelijk vermeden. Daardoor zijn de resultaten van het onderzoek reproduceerbaar.
- Goed onderzoek is valide:
  - Systematische fout: er wordt steeds dezelfde fout gemaakt, waardoor men niet meet wat men wilde meten.
  - Systematische fouten worden zoveel mogelijk vermeden. Daardoor wordt gemeten wat men wilde meten.

## COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het maken van onderscheid tussen de verschillende organisatieniveaus van de biologie;
- geoefend in het aanbrengen van samenhang door biologische verschijnselen in verband te brengen met hoofdthema's en organisatieniveaus van de biologie;
- geleerd een experiment te ontwerpen volgens de fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- geleerd biologische verschijnselen te verklaren met behulp van evolutiemechanismen;
- geoefend in het vorm-functie-denken;
- geoefend in het doen van een voorspelling met behulp van een eenvoudig model.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het maken van een verslag;
- geleerd hoe je bacteriekolonies kweekt;
- geoefend in het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek.



# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Een zoute haring uit een viswinkel is levenloos.
- 2 Enzymen katalyseren stofwisselingsprocessen.

Biologie speelt een belangrijke rol bij grote vraagstukken van de toekomst.

- 3 In afbeelding 42 is hiervan een voorbeeld te lezen op het gebied van duurzame ontwikkeling en energie.

De serval is een katachtige die op de Afrikaanse savanne leeft. Een savannahkat (zie afbeelding 43) is een kruising tussen een serval en een gewone huiskat. De nakomelingen uit deze kruising kunnen geen vruchtbare nakomelingen krijgen.

- 4 De serval en de huiskat behoren tot dezelfde soort, doordat zij zich onderling kunnen voortplanten.
- 5 De soort *Homo sapiens* (mens) heeft een levensloop.

### ▼ Afb. 42

## Archae uit hete bron moet biobrandstof gaan maken

De onderzoekers Douglas Clark, Frank Robb en andere Amerikaanse biotechnologen ontdekten een archae die in kokend water taaie plantendelen snel kan afbreken, zo is te lezen in het tijdschrift *Nature Communications*. Dat biedt perspectief voor de productie van biobrandstof als alternatief voor fossiele brandstoffen zoals aardolie en aardgas, die langzamerhand opraken.

Taaie plantendelen bevatten het moeilijk afbreekbare lignocellulose dat door massale landbouw bij grote hoeveelheden overblijft. Het voordeel van biobrandstof uit lignocellulose is dat het niet concurreert met de voedselproductie, zoals biobrandstof uit maïs of uit oliepalmen. De archae is in staat het lignocellulose af te breken door een speciaal enzym genaamd EBI-244. De volgende stap is om dit enzym fabrieksmatig in te zetten.

Bron: *Nature Communications*, juni 2011.

- **Afb. 43** Servals (de twee meest rechte katachtigen) en savannahkatten.

## DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen.

Vraag 1 tot en met 3 gaan over het artikel van afbeelding 44.

- 1 Welke van de volgende organisatieniveaus van de biologie worden in het artikel van afbeelding 44 genoemd?
  - A Cel, orgaan, organisme.
  - B Cel, orgaan, organenstelsel, organisme.
  - C Molecuul, orgaan, organisme, ecosysteem.
  - D Molecuul, cel, orgaan, organenstelsel, organisme.

- 2 Iemand die gewond is geraakt, is extra gevoelig voor infecties met bijvoorbeeld ziekteverwekkende bacteriën. Bestaan deze bacteriën uit een prokaryoot celttype of uit een eukaryoot celttype? Infecties worden door de verpleegkundige bestreden met ontsmettende middelen. Is de verpleegkundige een abiotische factor of een biotische factor voor de bacteriën?
 

<i>Celttype</i>	<i>Factor</i>
A eukaryoot	abiotisch
B eukaryoot	biotisch
C prokaryoot	abiotisch
D prokaryoot	biotisch

- 3 Wanneer de bloedsomloop stilvalt, kan het hart door de verpleegkundige worden gereanimeerd. Een menselijk hart bestaat uit verschillende weefsels. Hieronder staan twee eigenschappen van een menselijk hart.

- 1 Het hart pompt bloed rond.
- 2 Het hart bestaat uit cellen.

Welke van deze eigenschappen is een emergente eigenschap van het niveau orgaan?

- A Geen van beide eigenschappen.
- B Alleen eigenschap 1.
- C Alleen eigenschap 2.
- D Beide eigenschappen.

- 4 Welke van de volgende groepen organismen is een voorbeeld van een populatie?

- A De begroeiing op een heideveld.
- B Alle insecten in een bos.
- C Alle madeliefjes in een weidegebied.
- D Een paard met haar veulen in een weidegebied.





## VERPLEEGKUNDIGE MOBIEL MEDISCH TEAM

Een Mobiel Medisch Team (MMT) bestaat uit een verpleegkundige, een arts en een MMT-piloot van de traumahelikopter. Soms neemt een bus de plaats in van de helikopter. De helikopter vliegt uit bij ernstige ongevallen met de zogenoemde ABC-instabiele patiënten: patiënten met een bedreigde luchtpijp (Airway), ademhaling (Breathing) of bloedsomloop (Circulation). Het is noodzakelijk dat deze ABC-functies zo snel mogelijk worden hersteld. Het kan bijvoorbeeld nodig zijn het hart van een patiënt te reanimeren of een infuus aan te brengen in een ader van de patiënt. Een infuus is een waterige oplossing die fysiologisch zout, glucose of rode bloedcellen kan bevatten. Wanneer de luchtwegen worden bedreigd, wordt een flexibele buis aangebracht via de mond of neusgaten tot halverwege de luchtpijp. Vrijwel elke werkdag heeft de verpleegkundige van het MMT te maken met gewonde patiënten. Het is dan natuurlijk belangrijk hygiënisch te werk te gaan om wondinfecties met bacteriën te voorkomen. Het hele

▼ Afb. 44



MMT-team is erop gericht vitale functies van de patiënt zo spoedig mogelijk te stabiliseren of te herstellen.

- 5 Tien niveaus van de biologie zijn: 1 cel – 2 ecosysteem – 3 orgaan – 4 organenstelsel – 5 organel – 6 organisme – 7 molecuul – 8 populatie – 9 systeem aarde – 10 weefsel.

In welke volgorde zijn deze niveaus van klein naar groot juist weergegeven?

- A 7 – 1 – 5 – 10 – 3 – 4 – 6 – 8 – 2 – 9.  
 B 7 – 1 – 6 – 10 – 3 – 4 – 5 – 8 – 2 – 9.  
 C 7 – 5 – 1 – 10 – 3 – 4 – 6 – 2 – 8 – 9.  
 D 7 – 5 – 1 – 10 – 3 – 4 – 6 – 8 – 2 – 9.
- 6 Voor fotosynthese is koolstofdioxide nodig. Het koolstofdioxidegehalte in de atmosfeer is de laatste jaren flink gestegen. Als gevolg van deze verhoging is meer fotosyntheseactiviteit mogelijk. Twee beweringen op grond van bovenstaande gegevens zijn:

- 1 De toename van de fotosyntheseactiviteit op aarde wordt veroorzaakt door organismen die samen een levensgemeenschap vormen.
- 2 Door toename van fotosyntheseactiviteit in een ecosysteem zijn de gevolgen merkbaar op het niveau biosfeer.

Welke van deze beweringen is (zijn) juist?

- A Geen van beide beweringen.  
 B Alleen bewering 1.  
 C Alleen bewering 2.  
 D Beide beweringen.

### DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende vragen met behulp van afbeelding 45.

- 1 Bij HUS is er sprake van verstoring van de zelfregulatie/zelforganisatie bij de mens op celniveau. Noem drie celtypen die hun functie niet meer kunnen uitoefenen.
- 2 Op welke wijze is er bij HUS daardoor sprake van verstoring van de zelforganisatie/zelfregulatie op het niveau organenstelsel?
- 3 Op welke wijze vindt interactie tussen organismen plaats op molecuulniveau?
- 4 Op welke wijze is er sprake van reproductie op celniveau en organismeniveau?
- 5 Op welke wijze is er sprake van genetische variatie binnen een soort?
- 6 Een medisch specialist dient een patiënt die geïnfecteerd is met de EHEC O104:H4-bacterie in principe geen antibiotica toe. Leg dat uit met behulp van het begrip 'natuurlijke selectie'.
- 7 Noem het verband tussen de vorm van bloedvaten en hun functie.

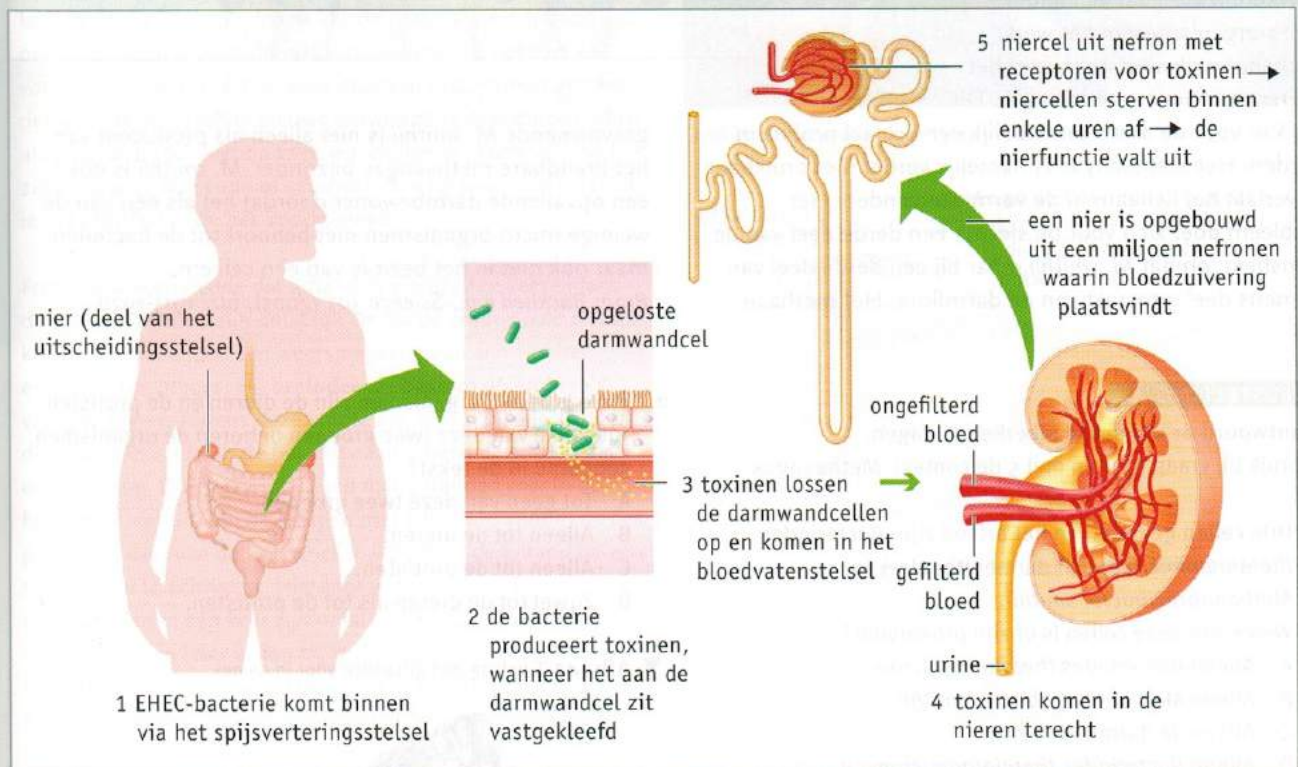


## UITBRAAK LEVENSBEDREIGENDE BACTERIE

BERLIJN, juli 2011 – De uitbraak van de EHEC-bacterie waarmee recent meer dan 4200 mensen besmet raakten en die 50 dodelijke slachtoffers eiste, is officieel uitgewoed. Dat maakte het Robert Koch Instituut gisteren bekend. Het was al langer bekend dat de gevreesde ziekteverwekker behoort tot de EHEC-groep. Dat is een groep varianten van de darmbacterie *Escherichia coli* (*E. coli*) die alle tot dezelfde soort behoren en die normaal in onze darmen veel voorkomen. De EHEC-groep bestaat uit bacteriën die darmbloedingen tot gevolg hebben, veroorzaakt door toxinen (gifstoffen) die deze bacteriegroep uitscheidt. De meeste mensen zijn in staat hiervan na een dag of tien te genezen. Onderzoekers hebben nu kunnen vaststellen om welke van de 42 bekende varianten van de EHEC-groep het precies gaat: de O104:H4. Het gevaarlijke van deze variant

is dat deze resistent (bestand) is tegen veel soorten antibiotica (gifstof tegen bacteriën), terwijl de bacterie zich onder gunstige omstandigheden elke twintig minuten kan delen. Bovendien is de O104:H4-variant in staat om onder bepaalde omstandigheden het uiterst giftige toxine Shigatoxine 2 te produceren dat het hemolytisch uremisch syndroom (HUS) kan veroorzaken. Dit syndroom wordt gekarakteriseerd door afbraak van rode bloedcellen, een verminderde hoeveelheid bloedplaatjes in het bloed, plotseling uitvallen van de nierfunctie en bloederige diarree. In de bio-industrie wordt op grote schaal preventief (uit voorzorg) antibiotica toegediend, waarmee bacteriën worden bestreden. Door het veelvuldige gebruik zijn bepaalde groepen bacteriën langzamerhand ongevoelig voor antibiotica geworden.

### ▼ Afb. 45



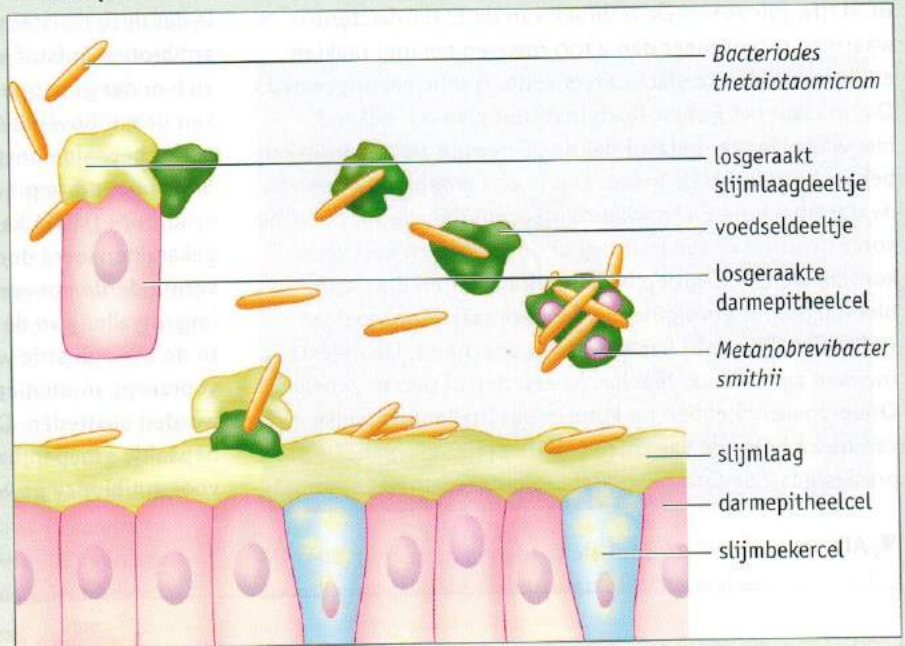
hemolytisch uremisch syndroom (HUS)



# METHAANGAS

▼ Afb. 46

De menselijke darmen worden bewoond door talloze micro-organismen. Onze darmflora bestaat vooral uit bacteriën, maar ook kleine aantallen schimmels en eencellige eukaryoten zoals eencellige gisten komen voor in onze darmen. Amerikaanse onderzoekers ontdekten hoe micro-organismen uit de darmflora van de mens van elkaar afhankelijk zijn en dat daarbij methaangas ontstaat. Aan onvolledig verteerde voedselresten in het maag-darmkanaal hechten slijmdeeltjes en de naaldvormige *Bacteriodes thetaiotaomicrom*. Deze bacteriën breken voedselresten af waarbij mierenzuur ontstaat. Met dit mierenzuur gaat een ander micro-organisme aan het werk: *Methanobrevibacter smithii* zet het mierenzuur om in methaangas. Dit gas kan voor de mens uiteindelijk een sociaal probleem worden. Het methaangas is namelijk verder niet bruikbaar en verlaat het lichaam in de vorm van winden. Het probleem doet zich voor bij slechts een derde deel van de mensheid, omdat *M. smithii* maar bij een derde deel van de mens deel uitmaakt van de darmflora. Het methaan-



gasvormende *M. smithii* is niet alleen als producent van het brandbare methaangas bijzonder. *M. smithii* is ook een opvallende darmbewoner doordat het als een van de weinige micro-organismen niet behoort tot de bacteriën, maar ook niet in het bezit is van een celkern.  
Bron: Backhed e.a., Science 307 (2005), blz. 1915-1920.

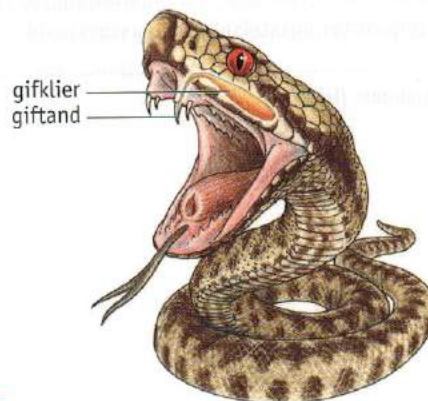
## DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen. Gebruik bij vraag 1 tot en met 5 de context 'Methaangas'.

- Drie cellen genoemd in het artikel zijn: *Bacteriodes thetaiotaomicrom*, een darmepitheelcel en *Methanobrevibacter smithii*. Welke van deze cellen is of zijn prokaryoot?
  - A Alleen *Bacteriodes thetaiotaomicrom*.
  - B Alleen *Methanobrevibacter smithii*.
  - C Alleen de darmepitheelcel.
  - D Alleen *Bacteriodes thetaiotaomicrom* en *Methanobrevibacter smithii*.
  - E Alleen *Bacteriodes thetaiotaomicrom* en de darmepitheelcel.
  - F Alleen *Methanobrevibacter smithii* en de darmepitheelcel.
  - G Alle drie genoemde cellen.

- Twee groepen organismen zijn de dieren en de protisten. Tot welke van deze twee groepen behoren de organismen genoemd in de tekst?
  - A Tot geen van deze twee groepen.
  - B Alleen tot de dieren.
  - C Alleen tot de protisten.
  - D Zowel tot de dieren als tot de protisten.

▼ Afb. 47 Gifslang met giftanden voor in de bek.





- 3 In de tekst worden deze organismen genoemd: *Bacteriodes thetaiotaomicrom* en *Methanobrevibacter smithii*.

Welk(e) van deze organismen is (zijn) heterotroof?

- A Geen van beide organismen.  
 B Alleen *Bacteriodes thetaiotaomicrom*.  
 C Alleen *Methanobrevibacter smithii*.  
 D Beide organismen.

▼ Afb. 48

## Giftanden

Tot voor kort was onzeker hoe giftanden zijn ontstaan uit de primitievere wurgslangen zonder giftanden. Sommige slangen hebben giftanden *voor* in de bek. Andere slangen hebben ze *achterin*. Hoe kan dat? Zijn giftanden soms twee keer in de evolutie ontstaan: één keer achter in de bek en één keer voor in de bek van een slang? Dat lijkt nogal vreemd, want giftanden zijn ingewikkelde organen. Het zou erg toevallig zijn als twee keer in de evolutie zo'n ingewikkeld orgaan als een giftand zou ontstaan. Maar je kunt dit niet uitsluiten en het gebeurt wel vaker in de evolutie dat op twee plaatsen organismen gescheiden van elkaar dezelfde nieuwe ontwikkeling doormaken. Maar als giftanden toch *niet* op twee verschillende plaatsen in de bek zijn ontstaan, hoe kunnen giftanden dan op twee heel verschillende plaatsen in de bek voorkomen?

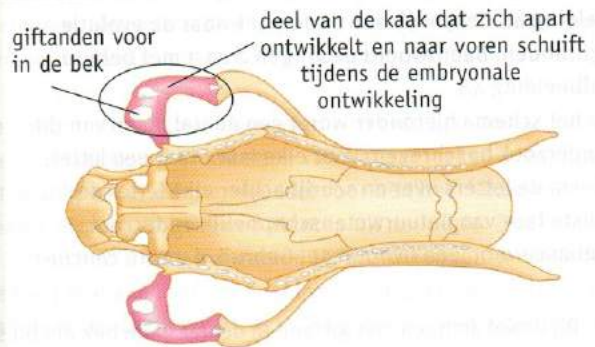
Freek Vonk vermoedde dat giftanden slechts één keer tijdens de evolutie zouden zijn ontstaan en dat de embryonale ontwikkeling van gifslangen een weerspiegeling zou zijn van het evolutionaire proces. Hij bestudeerde daarom 96 embryo's van gifslangen. Tijdens deze studie zag hij dat bij alle slangen de giftanden *achter* in de bek ontstaan tijdens de embryonale ontwikkeling. Dus ook bij slangen met giftanden *voor* in de bek. Freek legt uit: 'Bij de slangen met giftanden voor in de bek groeit een deel van de kaak sneller, waardoor de giftand na een tijdje *voorin* terecht komt. Hierdoor wordt het erg aannemelijk dat giftanden in één keer zijn ontstaan. Eerst *achter* in de bek van de slang en later is dan bij sommige slangen langzamerhand de giftand naar voren geschoven. Dat heeft een voordeel. Een gifslang met tanden *voor* in de bek kan meer gevaarlijke prooien aan. Hij hoeft maar één hap te doen en kan zich rustig terugtrekken en afwachten tot het gif gaat werken. Slangen met giftanden *achter* in de bek moeten hun prooi eerst te pakken krijgen en wurgen. Pas wanneer de prooi *achter* in de bek zit, kan het gif gaan werken.'

Bron: Vonk e.a., *Nature* 454 (2008), blz. 630-633;  
[www.evolutionbites.com](http://www.evolutionbites.com).

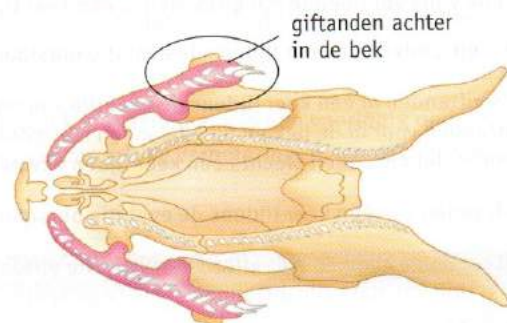
- 4 Tot welk domein behoort *Bacteriodes thetaiotaomicrom*?  
 A Tot de archaea.  
 B Tot de bacteriën.  
 C Tot de eukaryoten.
- 5 Tot welk domein behoort het organisme dat bij de mens methaangas produceert?  
 A Tot de archaea.  
 B Tot de bacteriën.  
 C Tot de eukaryoten.



Freek Vonk met een gifslang tijdens onderzoek in Indonesië.



schedel van een slang met giftanden voor in de bek (onderaanzicht bovenkant schedel)



schedel van een slang met giftanden achter in de bek (onderaanzicht bovenkant schedel)



- 6 Twee beweringen zijn:
- 1 In de taxonomie wordt gediscussieerd over de vraag of een bepaalde worm tot de platwormen, de rondwormen of de ringwormen behoort.
  - 2 In de systematiek worden de indelingscriteria voor het ordeningssysteem bedacht.
- Welk(e) van deze beweringen is (zijn) juist?
- A Geen van beide beweringen.
  - B Alleen bewering 1.
  - C Alleen bewering 2.
  - D Beide beweringen.
- 7 De indeling van organismen komt tegenwoordig vooral tot stand door het vergelijken van:
- A anatomische kenmerken.
  - B biochemische kenmerken.
  - C het DNA van organismen.
  - D morfologische kenmerken.

**DOELSTELLING 5**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Antoni van Leeuwenhoek bestudeerde organismen onder zijn microscopen. Is hier sprake van hypothesetoetsend onderzoek of van beschrijvend onderzoek?

In afbeelding 47 zie je een gifslang met giftanden. Afbeelding 48 beschrijft een onderzoek naar de evolutie van giftanden. Beantwoord de vragen 2 en 3 met behulp van afbeelding 48.

- 2 In het schema hieronder wordt een aantal fasen van dit onderzoek beschreven. Voor elke fase staat een letter. Neem de letters over en schrijf achter elke letter de juiste fase van natuurwetenschappelijk onderzoek gebaseerd op een hypothese. Gebruik daarbij: *conclu-*

- sie* – *experiment (door observatie)* – *hypothese* – *observatie (aanleiding tot het onderzoek)* – *probleemstelling* – *resultaten* – *verwachting*.
- 3 Noteer de letters van de fasen van dit onderzoek in de juiste volgorde.
  - 4 Welke bekende theorie wordt met dit experiment ondersteund?

**DOELSTELLING 6**

Een leerling doet een onderzoek naar de invloed van licht op het aantal verschillende waterdieren in twee sloten. De ene sloot krijgt in juni dagelijks gemiddeld acht uur volle zon. De andere sloot krijgt in juni gemiddeld één uur avondzon. Beide sloten zijn ongeveer even breed en diep. Om waterdieren te vangen schept zij vijftien keer door het water met haar schepnet in beide sloten op een vaste vangstplek. In de sloot met acht uur zonlicht valt de schaduw van de leerling op het water. Zij noteert bij elke schep door het water het aantal waterdieren dat zij vangt. In de sloot met veel zonlicht vangt ze twaalf verschillende waterdieren. In de sloot met weinig zonlicht vangt ze negen verschillende waterdieren. Drie andere leerlingen herhalen dit onderzoek op dezelfde wijze als deze leerling. De resultaten van deze drie leerlingen komen sterk overeen met de resultaten van de eerste leerling.

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Op grond van deze gegevens verschillen beide onderzochte groepen in slechts één factor.
  - 2 Er is gewerkt met redelijk voldoende aantallen.
  - 3 De steekproef in dit onderzoek is representatief.
  - 4 Het onderzoek dat deze leerling uitvoert, bevat weinig toevallige fouten.
  - 5 Het onderzoek dat deze leerling uitvoert, is valide.
- a Bij zowel slangen met giftanden *achter* in de bek als bij slangen met giftanden *voor* in de bek, ontstaan giftanden achter in de bek tijdens de embryonale ontwikkeling. Bij sommige slangen ontwikkelen de giftanden zich los van de rest en schuiven naar voren tijdens de ontwikkeling van het embryo.
  - b Freek Vonk vermoedde dat giftanden in één keer tijdens de evolutie zijn ontstaan.
  - c Zijn giftanden één keer tijdens de evolutie ontstaan of meerdere keren?
  - d Als giftanden in één keer tijdens de evolutie zijn ontstaan, dan zal de embryonale ontwikkeling bij gifslangen met giftanden *voor* in de bek en bij gifslangen met giftanden *achter* in de bek een weerspiegeling zijn van het evolutionaire proces dat giftanden slechts één keer tijdens de evolutie ontstaan.
  - e Giftanden zijn één keer tijdens de evolutie ontstaan.
  - f Bij sommige slangen met giftanden zitten de giftanden *voor* in de bek en bij andere slangen met giftanden *achter* in de bek. Hoe kan dat? Zijn giftanden soms twee keer in de evolutie ontstaan: één keer *achter* in de bek en één keer *voor* in de bek?
  - g De ontwikkeling van giftanden in embryo's van 96 slangen wordt onderzocht. Er wordt gekeken naar slangen met giftanden *voor* in de bek en naar slangen met giftanden *achter* in de bek.

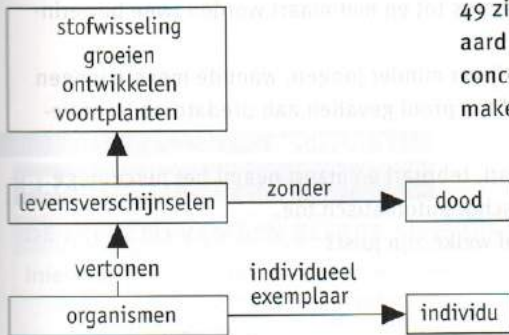


# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

### ▼ Afb. 49



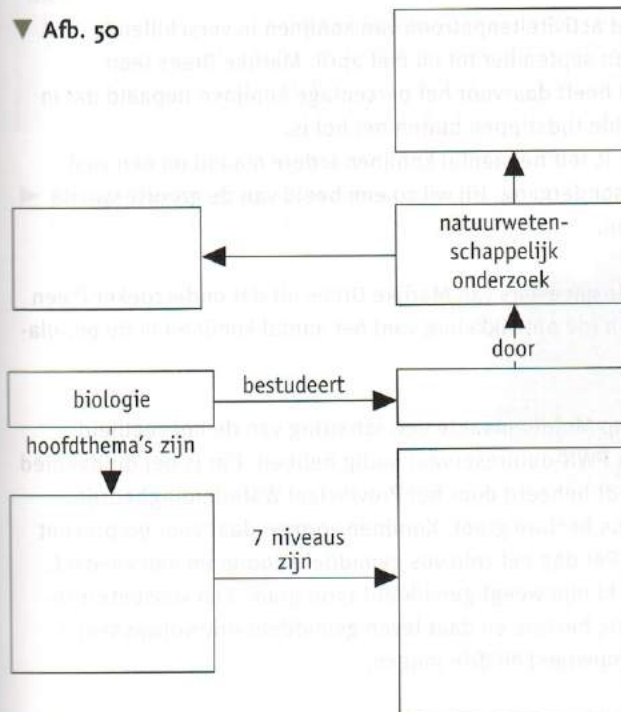
In afbeelding 49 zie je een eenvoudige conceptmap. Een conceptmap geeft de relaties tussen de concepten (begrippen) aan. De concepten kunnen onderling worden verbonden door middel van pijlen die de relaties weergeven. In afbeelding 49 zie je dat de pijlen kunnen worden voorzien van een bijschrift om daarmee de aard van de relatie tussen de betreffende concepten aan te geven. Met een conceptmap kun je voor jezelf de samenhang tussen allerlei concepten duidelijk maken. Hiermee zorg je voor structuur en overzicht.

– In afbeelding 50 zie je een conceptmap waar twee concepten al zijn ingevuld. Maak de conceptmap af door hem stap voor stap op te bouwen en volledig in te vullen. Trek pas een lijn om het totale concept nadat je alle woorden ervan hebt opgeschreven.

## opdracht 2

Koei redt konijn (examen havo 2007-1)

### ▼ Afb. 50



Het duinkonijn is geen plaag meer. Het dier is zeldzaam geworden. Zonder de tienduizenden tandjes die het hele jaar blijven doormalen, blijken de duinen te verwilderen en te verruigen. Het gras schiet omhoog. Braam en kamperfoelie nemen de plaats in van mossen en andere kleine planten.

De konijnenpopulaties herstellen zich moeilijk. De verruiging die ontstaat door het afnemen van het aantal konijnen, heeft tot gevolg dat er minder voedsel voor hen beschikbaar is. Koeien eten naast gras ook planten uit de ruigte. Door koeien in te zetten hoopt men het gebied te 'ontruigen' en zo weer de weg vrij te maken voor voedsel voor konijnen (jong gras). Om te onderzoeken of dit werkt, is in Wageningen een experiment opgezet. Bij dit experiment wordt in drie weiden, onder soortgelijke omstandigheden, eenzelfde aantal wilde konijnen uitgezet. In tabel 1 is de verdere opzet van het onderzoek beschreven en de situatie zoals de onderzoekers die na drie jaar verwachtten.

Het onderzoek in Wageningen is een voorlopig onderzoek.  
– Noem twee mogelijke verbeteringen aan deze proefopzet.

▼ Tabel 1

	Startsituatie	Verwachte situatie na drie jaar
Weide 1	wilde konijnen, 6 koeien	aantal konijnen is toegenomen, koeien zijn sterk vermagerd
Weide 2	wilde konijnen, 3 koeien	het aantal konijnen is niet veranderd, koeien zijn niet vermagerd
Weide 3	wilde konijnen, 0 koeien	het aantal konijnen is afgenomen



## opdracht 3

▼ Tabel 2

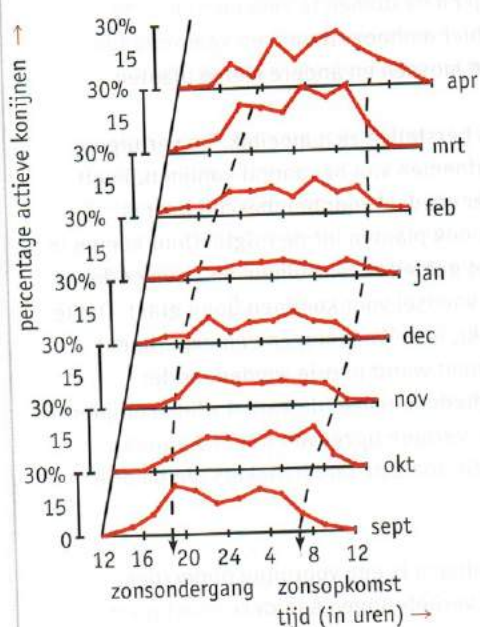
Maand	Totaal aantal geschoten konijnen	Percentage volwassen konijnen in het afschot
Augustus	153	13,70
September	103	12,62
Oktober	48	20,83
November	102	27,45
December	84	30,95
Januari	19	47,37
Februari	11	27,27
Maart	8	62,50

## Konijnen gemeten (examen havo 2007-2)

Over konijnen in Nederland zijn veel gegevens verzameld met behulp van afschotcijfers: de aantallen bij de jacht geschoten dieren. In tabel 2 zijn voor de verschillende maanden van het jaar in een bepaald duingebied het totale aantal geschoten konijnen en het percentage volwassen dieren daaronder weergegeven.

- 1 Teken in je schrift een staafdiagram waarin het aantal geschoten volwassen konijnen in de periode augustus tot en met maart is weergegeven. Benoem de assen.
- 2 Over de mogelijke oorzaak van de toename van het percentage volwassen konijnen in het afschot van augustus tot en met maart worden twee beweringen gedaan:
  - 1 Aan het eind van de periode zijn er minder jongen, want de meeste jongen zijn al volwassen geworden of ten prooi gevallen aan predatoren (roofdieren).
  - 2 Door het lage afschot in januari, februari en maart neemt het percentage volwassen konijnen in het afschot automatisch toe.
 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
  - A Geen van beide beweringen.
  - B Alleen bewering 1.
  - C Alleen bewering 2.
  - D Zowel bewering 1 als bewering 2.

▼ Afb. 51



In afbeelding 51 zie je het activiteitenpatroon van konijnen in verschillende maanden van het jaar: van september tot en met april. Marijke Drees (een onderzoekster in Leiden) heeft daarvoor het percentage konijnen bepaald dat in deze maanden op bepaalde tijdstippen buiten het hol is. Een andere onderzoeker, P, telt het aantal konijnen iedere maand op een vast moment, een uur na zonsondergang. Hij wil zo een beeld van de grootte van de populatie konijnen krijgen.

- 3 Leg met behulp van de gegevens van Marijke Drees uit dat onderzoeker P een foutief beeld krijgt van (de ontwikkeling van) het aantal konijnen in de populatie.

De vossenskundige Jaap Mulder maakte een schatting van de hoeveelheid voedsel die vossen in het PWN-duinreservaat nodig hebben. Dat is het duingebied in Noord-Holland dat wordt beheerd door het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland. Het is 4765 hectare groot. Konijnen vormen daar voor 90 procent het voedsel van een vos. Per dag eet zo'n vos gemiddeld 700 gram aan voedsel. Het eetbare deel van een konijn weegt gemiddeld 1500 gram. Een vossenterritorium in het reservaat is 165 hectare en daar leven gemiddeld drie volwassenen (een mannetje en twee vrouwtjes) en drie jongen.

- 4 – Bereken het aantal konijnen dat die vossen van één territorium in een maand (van dertig dagen) gemiddeld opeten. Ga ervan uit dat jonge en oude vossen even veel eten. Rond je uitkomst af tot een heel getal.  
– Bereken het aantal vossen in het PWN-duinreservaat. Rond je uitkomst af tot een heel getal.



# 1 Een onderzoek uitvoeren

In de basisstof heb je geleerd dat je beschrijvend onderzoek en onderzoek gebaseerd op een hypothese kunt uitvoeren. Bij deze twee typen onderzoek kun je verschillende onderzoeksmethoden toepassen zoals observeren, een experiment uitvoeren, modelleren of een interview houden. In deze verrijksstof ga je een onderzoek uitvoeren gebaseerd op een hypothese die je toetst met een experiment. Je hebt geleerd dat je bij een experiment gebruikmaakt van een proefgroep en een controlegroep en dat er slechts één factor verschil mag zijn tussen beide groepen. Als te onderzoeken organisme gebruik je tuinkers. Je kunt de tuinkerszaden onder verschillende omstandigheden laten ontkiemen.

## opdracht 1

### PRACTICUM

#### DE INVLOED VAN EEN ZELF TE KIEZEN FACTOR OP DE ONTKIEMING VAN TUINKERSZADEN

<b>Inleiding</b>	Groeien en ontwikkelen tuinkersplantjes zich onder invloed van de door jou gekozen factor even goed als zonder deze factor? In dit practicum ga je de invloed van een zelf te kiezen factor onderzoeken.
<b>Materiaal</b>	
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontwerp een experiment volgens de fasen van een natuurwetenschappelijk onderzoek. Begin met een probleemstelling. Maak een werkplan waarin je precies beschrijft hoe je je experiment wilt uitvoeren.</li> <li>• Leg je ontwerp voor aan je docent. Die controleert of het ontwerp goed is en of het werkplan uitvoerbaar is. Daarna kun je het experiment uitvoeren.</li> <li>• Maak een verslag van je onderzoek.</li> </ul>

► **Afb. 52** De invloed van licht op de ontkieming van tuinkerszaden.



1 ontkiemd in het licht



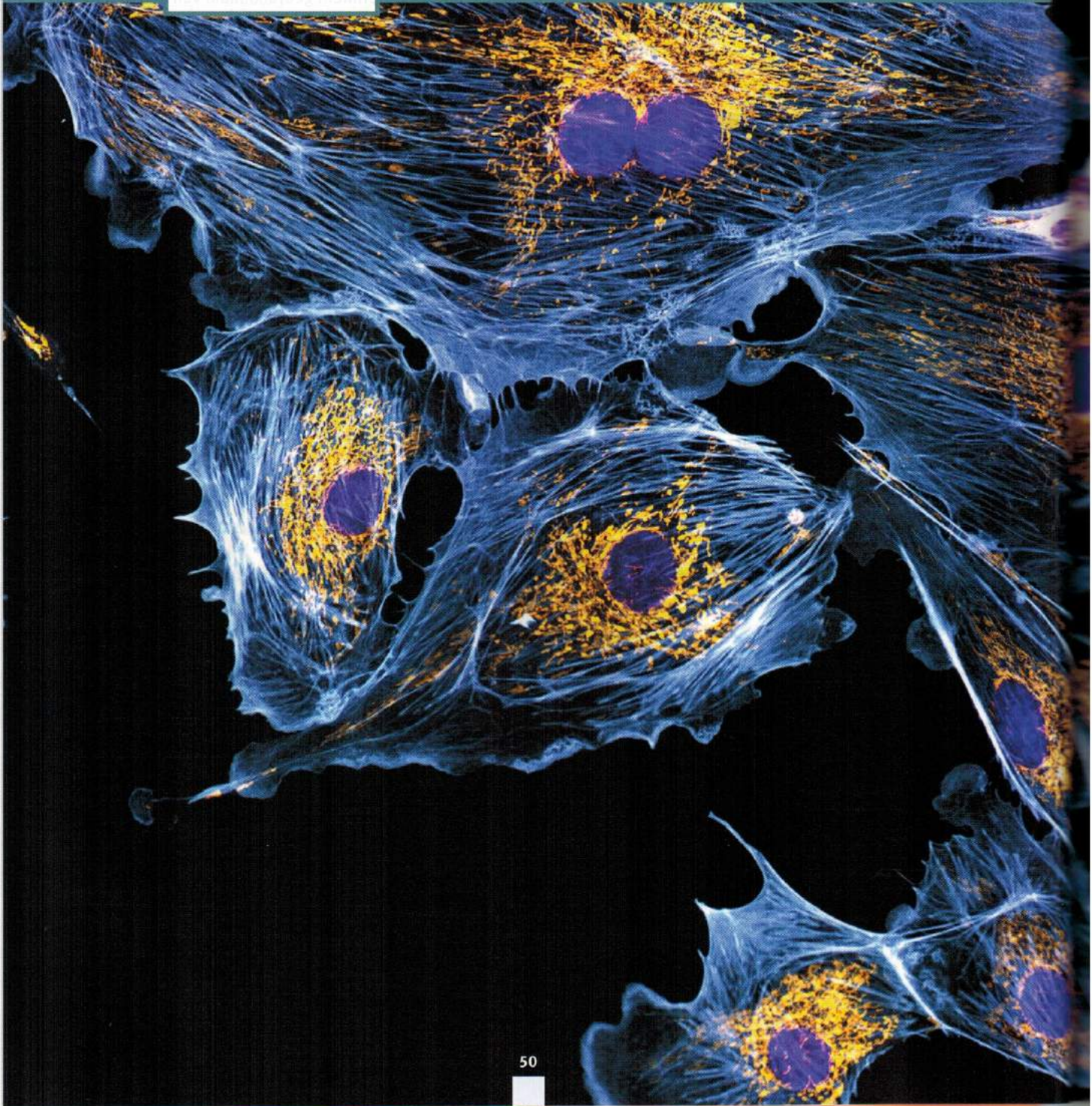
2 ontkiemd in het donker

**WEB** meer verrijksstoffen vind je op [ePack](#)



# 2

# Cellen





## BASISSTOF

1	Weefselonderzoek	52
2	Zelf cellen bekijken	55
3	Plantaardige en dierlijke cellen	58
4	Weefsels en organen	63
5	De celorganellen	68
6	Diffusie en osmose	76
7	Membranen en het transport van stoffen	82
8	Stevigheid door osmose	87
9	Celdeling	91

## SAMENVATTING

95

## DIAGNOSTISCHE TOETS

98

## EINDOPDRACHT

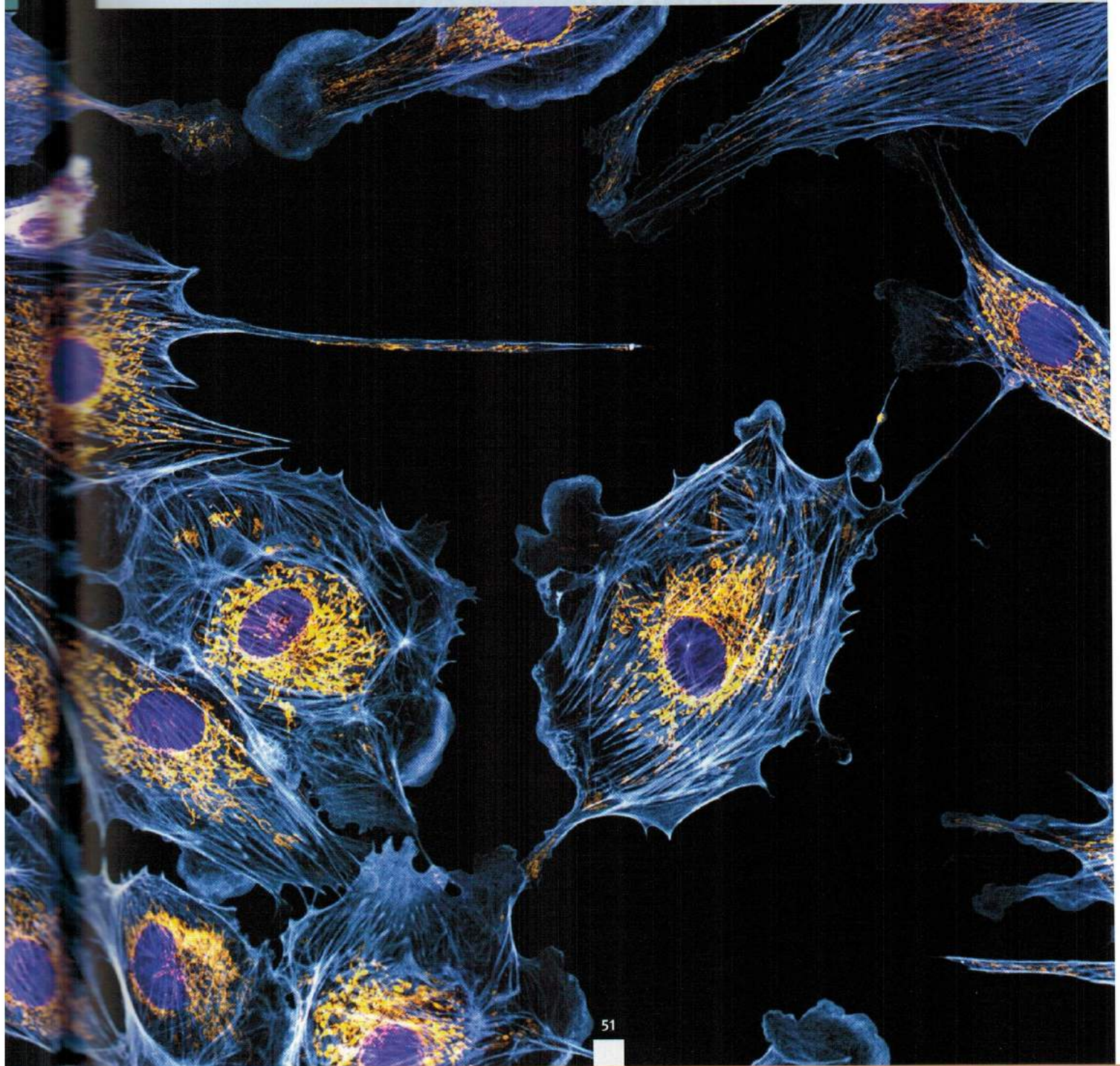
107

## VERRIJKINGSSTOF

111

### 1 Menselijke weefsels

111





Organismen bestaan uit cellen. Cellen zijn biologische eenheden die je met een microscoop kunt bekijken. In dit thema ga je zelf cellen bekijken en tekenen. Cellen bevatten kleinere biologische eenheden met hun eigen bouw en functie: de celorganellen.

Cellen vertonen interactie met hun omgeving. Ze nemen er stoffen uit op en geven er stoffen aan af. Je leert in dit thema hoe dit gaat. Ook leer je hoe cellen zich reproduceren.

Bij ziekten en afwijkingen kunnen op de afdeling Pathologie van een ziekenhuis cellen van een patiënt worden onderzocht.

## 7 Weefselonderzoek

Vakantie, eindelijk in de zon liggen. Onbezorgd zonnen en bruin worden is voor velen een mooi vooruitzicht. Maar met het mooie weer komt ook de eerste waarschuwing: 'Pas op voor te veel directe zonnestraling. Straling van de zon kan huidkanker veroorzaken.'

Bij kanker is de celdeling van een cel ontregeld en ontstaat een gezwel. De medische naam voor een gezwel is een **tumor**. Veel mensen denken bij een tumor meteen aan kanker, maar de meeste tumoren zijn goedaardig. Dat wil zeggen dat ze geen kanker tot gevolg hebben. Steenpuisten en wratten zijn bijvoorbeeld ook tumoren. Ze zijn wel vervelend, maar niet levensbedreigend. Bij kanker spreekt men van een kwaadaardig gezwel of kwaadaardige tumor. Er zijn verschillende symptomen die kunnen wijzen op kanker, maar meestal geeft alleen microscopisch onderzoek zekerheid of een gezwel kwaadaardig is.

### BIOPSIE

Om met een microscoop een tumor te onderzoeken, is weefsel van een patiënt nodig. Het verzamelen van weefsel wordt **biopsie** genoemd, het afgenomen weefsel een biopt. Vaak vindt een biopsie plaats door met een naald een klein beetje weefsel te verzamelen, maar het kan ook zijn dat weefsel tijdens een operatie wordt verzameld. Een biopsie wordt niet alleen gedaan om een tumor te onderzoeken, maar kan ook nodig zijn om andere afwijkingen op te sporen. Het is belangrijk dat op de juiste plaats wordt geprikt. Met behulp van een echoapparaat kan de naald worden gevolgd, maar zelfs daarmee blijft het in sommige gevallen lastig om het juiste weefsel te verzamelen en moet een tweede keer worden geprikt. Gelukkig wordt steeds betere apparatuur ontwikkeld, waardoor de kans op fouten afneemt (zie de context 'Foutloos prikken met een robotgestuurde naald').

## FOUTLOOS PRIKKEN MET EEN ROBOTGESTUURDE NAALD

DELFT, 23 juni 2011

Onderzoekers van de TU Delft hebben een eerste versie van een robotgestuurde naald gedemonstreerd (zie afbeelding 1). Het aanprikken van bijvoorbeeld een tumor gaat nogal eens fout. Het liefst wil men met behulp van beeldtechnie-

ken zoals MRI kijken waar de naald is en of de naald precies in het weefsel zit dat moet worden onderzocht. Maar als een patiënt in een MRI-scanner ligt, dan kan een arts niet bij de patiënt voor een biopsie.

Een robotgestuurde naald kan hierbij oplossing bieden.

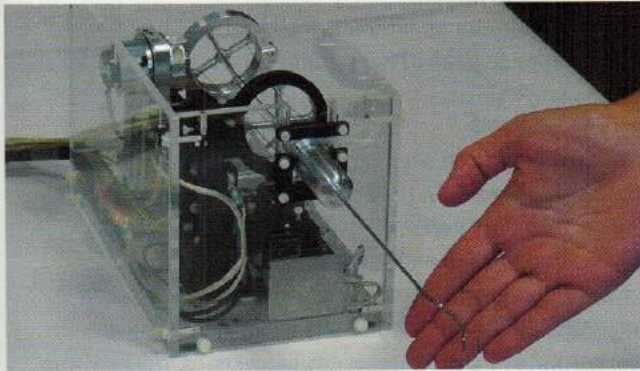


In de naald zitten sensoren, die via signalen de vorm van de naald meten. Dit ziet de arts op een beeldscherm. Vervolgens kan de arts via robotbesturing de naald naar de goede plaats leiden. Als de naald op de goede plek zit, kan

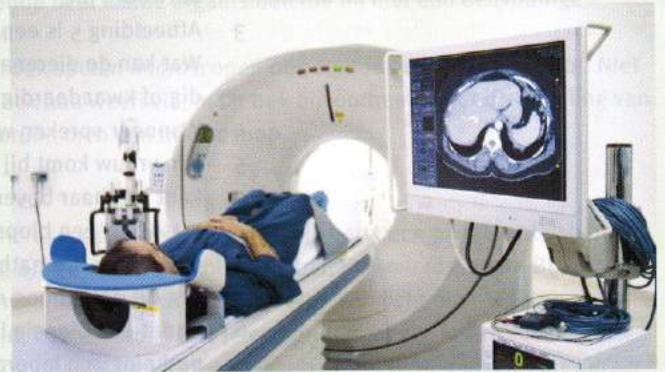
via de naald een biopt worden afgenomen.

Onderzoeker J. van den Dobbelsteen denkt dat deze techniek pas over een aantal jaren kan worden toegepast in ziekenhuizen. Volgens hem is er nog veel onderzoek nodig.

▼ Afb. 1 De robotgestuurde naald.



▼ Afb. 2 Een MRI-scanner.



▼ Afb. 3

## Pathologie

Bij een patholoog denken veel mensen meteen aan een misdrijf en het opsporen van de doodsoorzaak. Dat is maar een klein deel van de pathologie. Pathologie is afkomstig van de Griekse woorden 'pathos' (= ziekte) en 'logos' (= kennis, leer). Het is de wetenschap die bestudeert welke veranderingen in cellen en weefsels ontstaan bij ziekte. Een patholoog is een arts die cellen en weefsels van patiënten onderzoekt. Hij beoordeelt of het weefsel gezond is of niet en bepaalt welk type afwijking de cellen bezitten. Vervolgens kan hij advies geven over een behandeling en aangeven welke geneesmiddelen wel of niet werken.

## HET ONDERZOEK

De arts stuurt het afgenomen weefsel naar een pathologisch laboratorium (zie afbeelding 3). Een pathologisch laborant bekijkt het weefsel en beschrijft hoe het eruitziet. Daarna wordt het weefsel in vloeibare was gegoten. Met een speciaal apparaat (zie afbeelding 4) kan een laborant dan heel dunne plakjes van het blokje met het weefsel afsnijden. De dunne plakjes legt hij op glasplaatjes, die al voorzien zijn van de gegevens van de patiënt. Daarna wordt het weefsel gekleurd, waardoor verschillende structuren of cellen verschillende kleuren krijgen. Nadat de laborant heeft gecontroleerd of de preparaten goed zijn, bekijkt de patholoog de glasplaatjes onder een microscoop. Hij kan dan zien of het om normaal weefsel gaat of om bijvoorbeeld een kwaadaardige tumor. Ook bepaalt hij welk soort tumor het is. Dit is niet altijd makkelijk. Regelmatig doet hij daarom extra onderzoek, zoals bepaalde stoffen toevoegen, of bekijkt hij het weefsel met een elektronenmicroscoop. In sommige laboratoria worden de glasplaatjes gescand waarna ze op een beeldscherm kunnen worden bekeken.

▼ Afb. 4



1 een microtoom



2 de patholoog bekijkt het weefsel met een microscoop




## opdracht 1

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bij het stoten van je hoofd ontstaat vaak een bult op je hoofd. Mag je de bult op je hoofd een tumor noemen? Leg je antwoord uit.
- 2 Bij honden komen vaak vettumoren voor. Het zijn er vaak meerdere en je kunt ze op verschillende plaatsen tegenkomen. Ze zijn bijna altijd goedaardig. Als een hond vettumoren heeft, heeft hij dan een vorm van kanker? Leg je antwoord uit.
- 3 Afbeelding 5 is een stukje uit een forum op internet. Wat kan de dierenarts doen om na te gaan of het teruggekomen gezwel goedaardig of kwaadaardig is?
- 4 Wanneer spreken we van een weefsel?
- 5 Een vrouw komt bij een arts met klachten over een klein knobbeltje aan de binnenkant van haar bovenarm. De vrouw heeft wat overgewicht en vrij dikke armen. De arts voert een biopsie uit en stuurt het verkregen weefsel naar een patholoog voor onderzoek. De patholoog vindt alleen gezonde cellen. Leg uit dat dit nog niet hoeft te betekenen dat het gezwel geen kankergezwel is.
- 6 Nadat een biopsie in een pathologisch laboratorium is aangekomen, zorgt een pathologisch laborant ervoor dat alle patiëntgegevens nauwkeurig worden geadministreerd. Leg uit waarom het belangrijk is dat bij de administratie in een pathologisch laboratorium heel nauwkeurig wordt gewerkt.
- 7 Eerst bekijkt een pathologisch laborant het uiterlijk van de biopsie. Aan de hand hiervan kan hij zien welk deel van de biopsie het meest geschikt is om een preparaat van te maken. Voordat hij vervolgens een preparaat maakt, voert de laborant nog een aantal handelingen uit. Noem twee handelingen die de laborant uitvoert voor het preparaat onder een microscoop wordt bekeken. Geef bij elke handeling aan met welk doel dit gebeurt.
- 8 Bij het maken van een preparaat worden dunne plakjes op een glasplaatje gelegd. Hoe wordt zo'n glasplaatje genoemd?

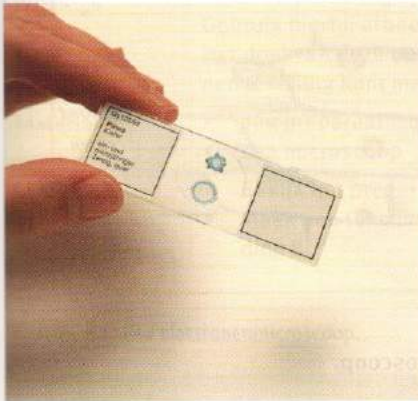
## ▼ Afb. 5 Uit een forum.

Main Category	Threads / Posts	Last Post
Main Category Description		
 Beste dierenvrienden,  Ons hondje, een vlinderhond teefje van 3 jaar had een gezwel in haar mond vlak aan een hoektand beneden. De dierenarts heeft dit onder narcose verwijderd en vertelde ons dat zoiets vaker voorkomt en goedaardig is, maar een maand later was het gezwel er weer. Ik vraag mij af of het echt goedaardig is.	Threads: 4 Posts: 5	This is an eclectic website... by admin Today, 09:37 PM <a href="#">Main Forum</a>



# 2 Zelf cellen bekijken

▼ Afb. 6 Een preparaat.



In de zeventiende eeuw deed Antoni van Leeuwenhoek beschrijvend onderzoek. Hij beschreef en tekende heel kleine organismen die hij met een eenvoudige microscoop waarnam.

Bij allerlei onderzoek spelen microscopen nog steeds een belangrijke rol. Niet alleen bij het onderzoek aan weefsels, maar ook bijvoorbeeld voor de bepaling van de waterkwaliteit gebruikt men een microscoop.

## EEN PREPARAAT

Om cellen met een microscoop te bekijken, maak je eerst een **preparaat** van de cellen (zie afbeelding 6). De meeste scholen hebben lichtmicroscopen. Bij deze microscopen valt licht van onder door het preparaat. Om licht door te laten, moet het object erg dun zijn. In basisstof 3 leer je een preparaat van cellen te maken. Een preparaat leg je op de tafel van de microscoop en zet je vast met de preparaatklemmen. Daarna stel je de microscoop in (zie afbeelding 7). De vergroting van je microscoop reken je uit door de vergroting van het oculair te vermenigvuldigen met de vergroting van het objectief. Als het oculair  $10\times$  vergroot en het objectief  $40\times$ , dan is de totale vergroting  $400\times$ .

▼ Afb. 7

## BIOLOGISCHE TECHNIEK

### WERKEN MET EEN LICHTMICROSCOOP

<b>Doel</b>	Cellen zijn met het blote oog niet te zien. Je kunt cellen wel bekijken met een lichtmicroscoop. Lenzen in de microscoop vergroten het beeld waardoor je bijvoorbeeld cellen kunt zien.
<b>Werkwijze</b>	<p><i>Stel eerst in op de kleinste vergroting.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Draai de tubus helemaal omhoog (of de tafel helemaal omlaag).</li> <li>• Draai het objectief <math>4\times</math> voor.</li> <li>• Leg het preparaat onder de klemmen, midden boven de opening in de tafel.</li> <li>• Kijk van opzij en draai de tubus helemaal omlaag (of de tafel helemaal omhoog).</li> <li>• Doe de lamp aan.</li> <li>• Kijk door het oculair en draai met de grote schroef langzaam de tubus omhoog (of de tafel omlaag), tot het beeld scherp wordt.</li> <li>• Stel met de kleine schroef nauwkeurig scherp.</li> <li>• Verander het diafragma en kijk welke grootte van het diafragma het beste beeld geeft.</li> </ul> <p><i>Instellen op een grotere vergroting.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je hebt al scherp gesteld bij een kleinere vergroting.</li> <li>• Schuif het gedeelte van het preparaat dat je sterker wilt vergroten in het midden van het beeld.</li> <li>• Draai het objectief dat een maat groter is voor (draai niet aan de grote schroef).</li> <li>• Stel met de kleine schroef nauwkeurig scherp.</li> </ul>
<b>Resultaat</b>	Nadat de microscoop goed is ingesteld krijg je een scherp beeld van je preparaat.



Vaak moet je een tekening maken van wat je ziet (zie afbeelding 8). Op school schrijf je bij je tekening welke vergroting je hebt gebruikt. Dit is dan niet de exacte vergroting van je tekening. Als je groot tekent, zal je vergroting meer zijn dan wanneer je klein tekent.

De cellen van een vlies van een uienrok zijn ongeveer  $0,2\text{ mm}$  groot. Stel, je bekijkt een stukje van een vlies van een uienrok bij een vergroting van  $100\times$  en je tekent één cel ongeveer  $10\text{ cm}$  groot. De werkelijke vergroting van je tekening is  $100\text{ mm}/0,2\text{ mm}$  dus  $500\times$ . Toch schrijf je bij je tekening: Vergroting:  $100\times$ .



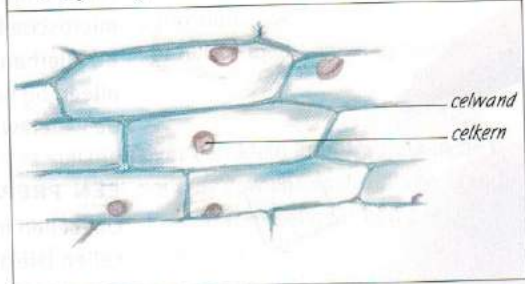
## ▼ Afb. 8

**BIOLOGISCHE TECHNIEK****TEKENINGEN MAKEN**

- Verdeel een bladzijde in twee vakken.
- Teken groot.
- Gebruik een potlood (bij voorkeur HB).
- Teken eerst de omtrek met dunne lijnen, dan pas de onderdelen.
- Teken wat je ziet, niet wat je denkt te moeten zien.
- Maak je tekeningen niet te ingewikkeld.
- Noteer boven in het tekenvak:
  - de naam van wat je hebt getekend;
  - de vergroting;
  - (eventueel) dwarsdoorsnede of lengtedoorsnede;
  - (eventueel) het kleurmiddel dat is gebruikt.
- Zet de namen bij de delen die je kent (met verbindingsstreepjes).

**VOORBEELD**

*Titel: cellen van een uienvlies*  
*Vergroting: 100x*

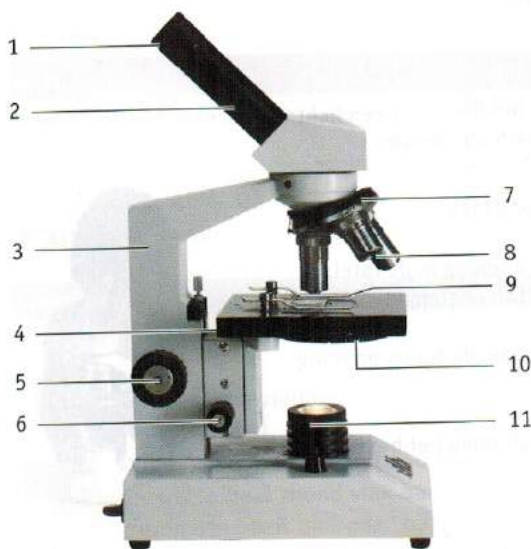
**opdracht 2**

Afbeelding 9 is een tekening van een microscoop.

Enkele onderdelen zijn genummerd.

- Neem het volgende schema over en vul de juiste nummers en namen van de onderdelen in.

## ▼ Afb. 9 Microscoop.



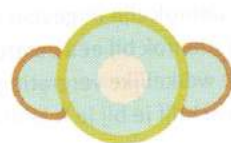
Nummer	Onderdeel	Functie of kenmerk
		Hier leg je het preparaat op.
		Hieraan pak je de microscoop vast.
		De bovenste lens (vergroting 5x of 10x).
		De onderste lens (vergroting 4x, 10x of 40x).
		Knop voor grove scherpstelling.
		Knop voor fijne scherpstelling.
		Draaibare schijf waaraan de objectieven zitten.
		Buis waar het oculair in zit.
		Klemt het preparaat vast.
		Regelt de hoeveelheid licht die door de lenzen valt.

**opdracht 3**

## ▼ Afb. 10 Doorsneden maken.



## ▼ Afb. 11



**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Een leerling werkt met een microscoop waarin een oculair zit dat 10x vergroot. Aan deze microscoop zitten drie objectieven die 4x, 10x en 40x vergroten. Bij welke vergrotingen kan deze leerling een preparaat bekijken?
- 2 In afbeelding 10 zie je drie manieren waarop je een doorsnede van een tak kunt maken. Welke manier levert een lengtedoorsnede op?
  - 3 Is in afbeelding 11 een dwarsdoorsnede of een lengtedoorsnede van een tak getekend?
  - 4 Welke manier van snijden van afbeelding 10 levert de doorsnede van afbeelding 11 op?



## opdracht 4

## PRACTICUM

## EEN PREPARAAT BEKIJKEN

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je met een microscoop een klaargemaakt preparaat bekijken en tekenen. Gebruik hierbij afbeelding 7 en 8. Het doel van deze opdracht is dat je na afloop kunt werken met een microscoop en volgens de tekenregels een tekening kunt maken.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• een preparaat</li> <li>• een microscoop</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekijk het preparaat bij de kleinste, middelste en sterkste vergroting.</li> <li>• Maak een tekening van enkele cellen uit het preparaat. Houd je bij het tekenen aan de regels van afbeelding 8.</li> </ul>

## ▼ Afb. 12 Een elektronenmicroscop.



## ELEKTRONENMICROSCOPEN

Microscopen op school vergroten meestal niet meer dan  $600\times$ . Lichtmicroscopen kunnen tot ongeveer  $2000\times$  vergroten. Om verder te vergroten is een elektronenmicroscop nodig (zie afbeelding 12). Elektronenmicroscopen kunnen tot meer dan 100 000 keer vergroten.

Tegenwoordig zijn elektronenmicroscopen aangesloten op computers. De computer bewerkt de beelden en toont ze op een beeldscherm, vaak ingekleurd. De kleuren die je dan ziet, zijn niet de echte kleuren. Door de kleuren kunnen structuren beter zichtbaar worden gemaakt.

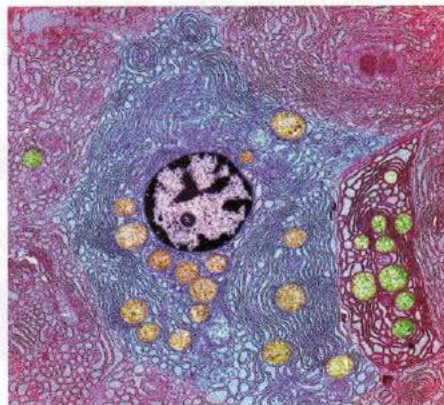
Er zijn twee typen elektronenmicroscopen. Een transmissie-elektronenmicroscop (TEM) geeft een beeld dat lijkt op dat van een lichtmicroscop (zie afbeelding 13.1). Een scanning elektronenmicroscop (SEM) geeft een meer driedimensionaal beeld (zie afbeelding 13.2).

## opdracht 5

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Veel afbeeldingen van elektronenmicroscopische foto's hebben mooie kleuren. Zijn dit de echte kleuren van de objecten die worden bekeken?
- 2 Welk voordeel hebben de kleuren voor de onderzoekers?
- 3 Een onderzoeker wil de vorm van bacteriën onderzoeken. Maakt hij dan gebruik van een TEM of van een SEM? Licht je antwoord toe.

## ► Afb. 13

1 cel van de alvelesklier (TEM,  $2800\times$ , gekleurd)2 cel van de alvelesklier (SEM,  $2750\times$ , gekleurd)



# 3 Plantaardige en dierlijke cellen

Bij een blaasontsteking (zie de context 'Blaasontsteking') maakt men vaak een urinekweek. Een beetje urine wordt op een petrischaal uitgesmeerd. Als er bacteriën aanwezig zijn, gaan die zich reproduceren. Er ontstaat zo een kolonie van bacteriën die je met het blote oog kunt zien.

Bacteriën zijn eencellig en zonder hulpmiddelen door mensen niet te zien. Toch hoeft niemand hen te vertellen hoe ze zich moeten reproduceren. Alle informatie en alle structuren die nodig zijn om een bacterie in leven te houden, bevinden zich in de bacterie. Een bacterie is een biologische eenheid.

Ook van meercellige organismen bevat iedere cel alle informatie en alle structuren om zelfstandig te functioneren. Bij cellen van planten en dieren is een aantal van deze structuren met een lichtmicroscop te zien.

Cellen zijn omgeven door een **celmembraan**. Het celmembraan scheidt het inwendige van de cel af van zijn omgeving. Via het celmembraan vindt selectieve opname en afgifte van stoffen plaats. Via stoffen die zich aan het celmembraan kunnen hechten, vindt communicatie tussen cellen plaats. Onder andere door de opname en afgifte van stoffen vinden in de cel chemische reacties plaats. Bij een aantal processen komt energie vrij die door andere processen wordt benut, zoals groei, beweging, communicatie en de vermeerdering van de cel. Door de chemische reacties kan de cel zich in stand houden.

In afbeelding 15 zie je een dierlijke en een plantaardige cel. Er zijn overeenkomsten, maar er zijn ook verschillen. Planten en dieren zijn eukaryote organismen en hebben een celkern.

Het celmembraan bestaat voor het grootste deel uit vetmoleculen. Hierdoor wordt het inwendige van de cel, het **cytoplasma** (celplasma), gescheiden van het milieu buiten de cel. Het cytoplasma bestaat uit water met daarin **organellen** en een grote hoeveelheid opgeloste stoffen. Organellen zijn structuren in een cel, zoals

## BLAASONTSTEKING

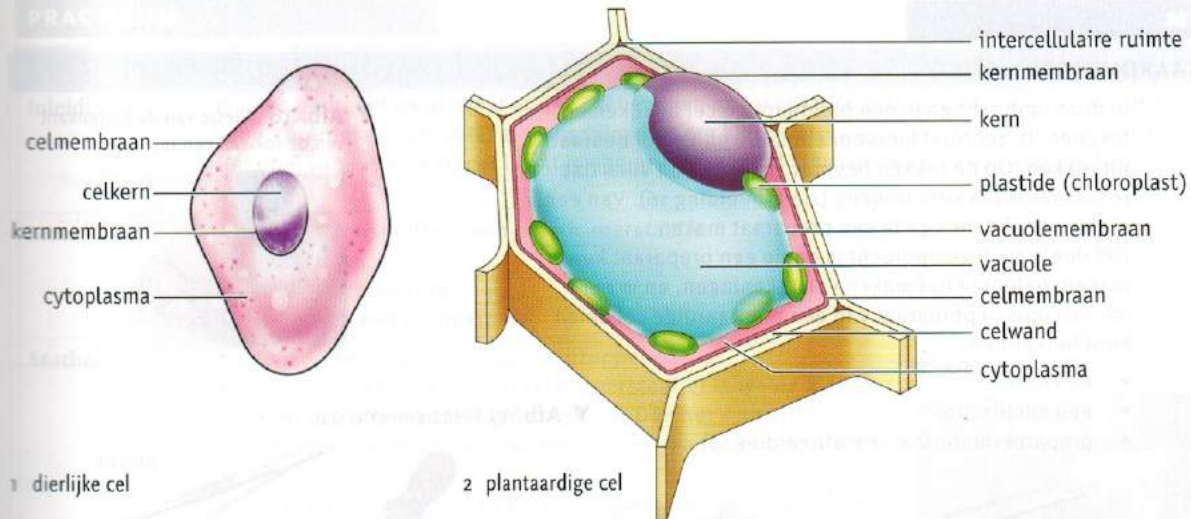
Bij een blaasontsteking is het slijmvlies van de blaas ontstoken. Blaasontstekingen worden vooral door bacteriën veroorzaakt. Om met zekerheid vast te stellen dat er sprake is van een blaasontsteking en welke bacteriesoort de oorzaak is, stuurt een huisarts een urinemonster naar een medisch-microbiologisch laboratorium van bijvoorbeeld een ziekenhuis. Een deel van de urine wordt op een voedingsbodem uitgesmeerd (zie afbeelding 14). De bacteriën gaan zich dan vermenigvuldigen. Dit heet kweken. Vandaar dat soms wordt gesproken van 'een kweek afnemen'. Op de voedingsbodem ontstaan bacteriekolonies. Het aantal kolonies geeft informatie over het aantal bacteriën. Ook onderzoekt men om welke bacterie het gaat. Met deze informatie kan het beste medicijn worden voorgeschreven.

▼ **Afb. 14** Een urinemonster wordt op een voedingsbodem uitgesmeerd.





## ▼ Afb. 15 Eukaryote cellen.



de celkern en bladgroenkorrels. Organellen zijn zelf ook biologische eenheden. Ze hebben eigen, specifieke eigenschappen. In de meeste prokaryoten zijn geen organellen te vinden.

Bij cellen van planten ligt om het celmembraan de **celwand**. Celwanden maken geen deel uit van de cel, maar liggen tussen de cellen. Celwanden rekent men tot de tussencelstof. De celwanden van plantencellen liggen niet altijd strak tegen elkaar. Er liggen holtes tussen die **intercellulaire ruimtes** worden genoemd. Vaak bevindt zich water in de intercellulaire ruimte, maar bijvoorbeeld in bladeren zit daar ook vaak lucht.

De **celkern** ligt in het cytoplasma. De buitenste laag van de celkern wordt gevormd door het **kernmembraan**. In de kern bevinden zich de chromosomen.

Veel plantaardige cellen bevatten een grote centrale **vacuole**. Het cytoplasma ligt dan in een dunne laag tegen de celwand aan. De vacuole is omgeven door het **vacuolemembraan** en bevat vacuolevocht. De grote centrale vacuole speelt een belangrijke rol bij de stevigheid van plantaardige cellen. Ook kunnen de vacuolen van planten kleurstoffen bevatten. De kleurstoffen geven de kleur aan bijvoorbeeld bloemen en vruchten. In het cytoplasma kunnen ook **plastiden** voorkomen. Plastiden vormen een groep organellen die bij planten voorkomen, maar niet bij dieren. We onderscheiden drie typen plastiden: chloroplasten (bladgroenkorrels), chromoplasten (kleurstofkorrels) en leukoplasten, waartoe de zetmeelkorrels horen. Sommige plastiden kunnen overgaan in andere. Tijdens het rijpen van fruit kunnen chloroplasten overgaan in chromoplasten.



## opdracht 6

## PRACTICUM

## EEN PLANTAARDIGE CEL

## Inleiding

In deze opdracht ga je een plantaardige cel bekijken en tekenen. Je gebruikt hiervoor een rode ui. Een ui bestaat uit rokken. Op de rokken bevindt zich een dun vlies dat je makkelijk los kunt trekken (zie afbeelding 16). Van een stukje van dit vlies ga je een preparaat maken. Het doel van deze opdracht is dat je een preparaat kunt maken, oefent in het maken van tekeningen, en in een microscopisch preparaat van een plantaardige cel delen kunt herkennen.

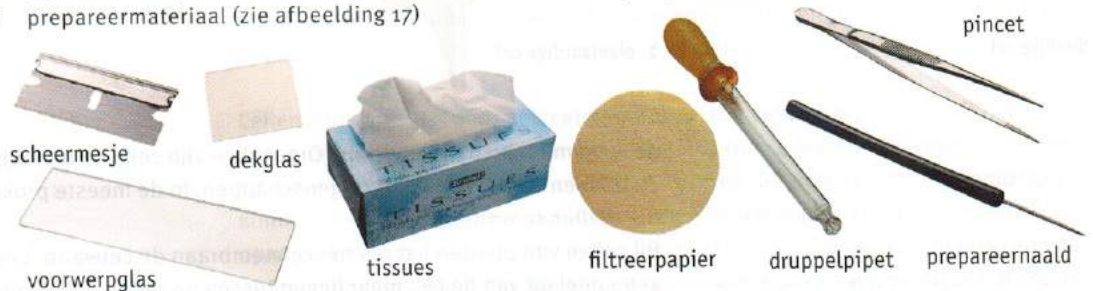
▼ **Afb. 16** Vliesje van de buitenkant van de rok van een ui.



## Materiaal

- een rode ui
- een microscoop
- prepareermateriaal (zie afbeelding 17)

▼ **Afb. 17** Prepareermateriaal.



## Methode

- Neem een schoon voorwerpglas en een dekglas. (Pak de glaasjes hierna alleen nog vast bij de randen.)
- Maak een preparaat van het vliesje. In afbeelding 18 is te zien hoe dat moet. Cellen met rode kleurstof zitten in de cellen aan de buitenkant van de buitenste rokken van de rode ui. Maak een sneetje en probeer een stukje van het buitenste vliesje los te trekken. Als het vliesje te groot is, snijd dan een stukje van ongeveer  $1 \text{ cm}^2$  uit.
- Bekijk het preparaat eerst bij een vergroting van  $40\times$ , daarna bij een vergroting van  $100\times$ . Misschien zie je in het preparaat grote zwarte cirkels. Dat zijn luchtballen. Zoek voor het bekijken van de cellen een stukje zonder luchtballen op. Het kan ook zijn dat het vliesje dubbelgeklapt is. Je ziet dan twee cellagen op elkaar. Zoek een deel op waar de cellen niet over elkaar liggen.
- Verdeel een bladzijde in twee vakken. Teken in het bovenste vak één cel helemaal en geef het begin van de omliggende cellen aan.
- Benoem de delen van de cel die te zien zijn.

▼ **Afb. 18**

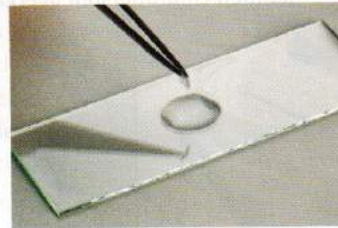
## BIOLOGISCHE TECHNIEK

## HET MAKEN VAN EEN PREPARAAT

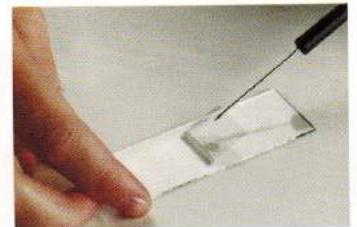
## Werkwijze



- Breng een druppel water op een voorwerpglas.



- Leg het object voorzichtig in de druppel water. Let erop dat het niet oprolt of dubbel komt te liggen.



- Doe er voorzichtig een dekglaasje op. Voorkom dat er luchtballen ontstaan. Haal overtollig water met een vloeipapiertje weg.



## opdracht 7

## PRACTICUM

## EEN DIERLIJKE CEL

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je een dierlijke cel bekijken en tekenen. Je gebruikt hiervoor cellen van je wangslimvlies. Doordat een cel van het wangslimvlies erg kleurloos is, ga je de cel met eosine kleuren. Het doel van deze opdracht is dat je een preparaat kunt kleuren en delen van een dierlijke cel kunt herkennen.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• een wattenstaafje of een plastic roerstaafje</li> <li>• een microscoop</li> <li>• prepareermateriaal</li> <li>• eosine en een druppelpipet</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doe op een voorwerpglas een druppel eosine.</li> <li>• Schraap met het wattenstaafje (roerstaafje) langs de binnenkant van je wang (zie afbeelding 19). Doe het schraapsel in de druppel eosine op het voorwerpglas en maak het preparaat verder af.</li> <li>• Bekijk het preparaat. Begin bij een vergroting van 40<math>\times</math>. Zoek met een sterkere vergroting losliggende cellen op. Soms liggen cellen over elkaar of zitten ze aan elkaar vast.</li> <li>• Bekijk een cel en maak een tekening op hetzelfde blaadje als de tekening van opdracht 6.</li> <li>• Benoem de delen van de cel die je kent.</li> </ul>

▼ Afb. 19



## opdracht 8

## PRACTICUM

## CHLOROPLASTEN

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je bladgroenkorrels bekijken en tekenen. Hiervoor gebruik je een blad van waterpest (zie afbeelding 20). Waterpest is een plant die veel in aquaria wordt gehouden. In een aquariumwinkel zijn ze te koop als 'zuurstofplantjes'. Het blad van waterpest is twee cellagen dik. Daardoor is er makkelijk een preparaat van te maken. Het doel van deze opdracht is dat je weet hoe bladgroenkorrels eruitzien.
	<p>▼ Afb. 20 Waterpest.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 waterpest wordt vaak gebruikt als zuurstofplant in een aquarium</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2 een preparaat van een blad van waterpest</p> </div> </div>
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• een stengeltje met bladeren van waterpest</li> <li>• een microscoop</li> <li>• prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trek met het pincet een blaadje van waterpest af en maak daarvan een preparaat.</li> <li>• Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100<math>\times</math>. Je ziet twee lagen cellen boven elkaar. Stel scherp in op één van beide lagen.</li> <li>• Zet het diafragma op de grootste opening. Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400<math>\times</math>. Stel zó scherp dat je bij een bepaalde cel de chloroplasten (bladgroenkorrels) in een laagje langs de celwand ziet liggen. (Als je de bladgroenkorrels in het midden van een cel ziet liggen, heb je scherpgesteld op de bovenkant of op de onderkant van de cel.) Misschien kun je de bladgroenkorrels met het cytoplasma rond zien stromen.</li> <li>• De celkern is bij waterpest kleurloos, die kun je niet zien.</li> <li>• Maak een tekening van één cel met de celwand. Benoem de delen van de cel.</li> </ul>



## opdracht 9

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welk organel scheidt het kernplasma van het cytoplasma?
- 2 Op welke twee manieren kan de kleur van bloemen en vruchten worden veroorzaakt?
- 3 Uit een erwt die in het donker ontkiemt, groeit een bleekgele plant. Waardoor wordt de ontwikkeling van chloroplasten blijkbaar veroorzaakt?
- 4 Als de wortel van een peen boven de grond uitkomt, verandert de kleur van oranje naar groen.  
Welke verandering vindt er dan in de plastiden plaats?

De vragen 5 tot en met 7 gaan over afbeelding 21.

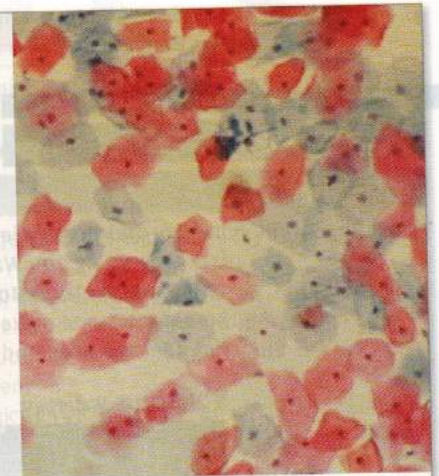
- 5 Een aantal celorganellen zijn: celkern, celmembraan, celwand, chloroplasten, chromoplasten, cytoplasma, grote centrale vacuole, kernmembraan, leukoplasten. Welke van deze organellen zullen zeker aanwezig zijn in de cellen van een uitstrijkje?
- 6 Veel cellen in het uitstrijkje zijn roze gekleurd en hebben een donkere kern. Hoe komt het dat de cellen roze zijn?
- 7 Vormen de cellen van het uitstrijkje een weefsel? Licht je antwoord toe.

## ▼ Afb. 21

## Een uitstrijkje

Het uitstrijkje is een eenvoudige manier om baarmoederhalskanker zo vroeg mogelijk op te sporen. Vrouwen tussen de 30 en 61 jaar krijgen automatisch om de vijf jaar een uitnodiging om een uitstrijkje te laten maken.

Een arts haalt met een borsteltje wat cellen van de baarmoederhals af en stuurt die naar een laboratorium. In het laboratorium worden de cellen met een microscoop bekeken (zie afbeelding).





# 4 Weefsels en organen

Sommige dieren, zoals veel soorten wormen, groeien weer uit tot een volledig dier nadat ze doormidden zijn gesneden. De nieuwe cellen ontstaan uit stamcellen.

## STAMCELLEN

**Stamcellen** zijn cellen die zich nog niet hebben ontwikkeld tot een bepaald type cel en nog geen specifieke functie hebben (zie de context 'Eiwit bepaalt eigenschap van embryonale stamcellen'). Afhankelijk van de omstandigheden vormen ze bepaalde celsoorten, weefsels en organen.

## EIWIT BEPAALT EIGENSCHAP VAN EMBRYONALE STAMCELLEN

In 2011 berichtten onderzoekers van het Erasmus Medisch Centrum te Rotterdam over een doorbraak op het gebied van stamcelonderzoek. Ze hadden een eiwit ontdekt dat ervoor zorgt dat een embryonale stamcel zijn vermogen behoudt om zich tot elk type cel in het lichaam te ontwikkelen (zie afbeelding 22).

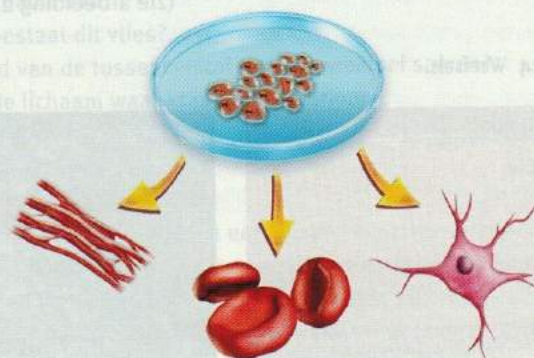
Wetenschappers gebruiken embryonale stamcellen bij hun onderzoek, vanwege hun vermogen om alle cellen van het lichaam te vormen. In het laboratorium kunnen wetenschappers verschillende typen lichaamscellen laten ontstaan. In de toekomst moeten de embryonale stamcellen ook geschikt zijn voor transplantatie in patiënten met ziekten zoals Parkinson, of met bepaalde typen kanker zoals leukemie. Tot nog toe was onbekend hoe embryonale stamcellen het vermogen behouden om tot alle celtypen te kunnen uitgroeien.

Derk ten Berge, stamcelbioloog bij het Erasmus MC, heeft een eiwit ontdekt dat voorkomt dat een stamcel zich specialiseert. Het liefst zouden onderzoekers adulte stamcellen gebruiken. Deze cellen onthouden echter uit

welk weefsel ze afkomstig zijn en kunnen daardoor niet alle weefsels vormen. Met behulp van het ontdekte eiwit hoopt hij in staat te zijn adulte stamcellen om te vormen tot embryonale stamcellen. De voordelen hiervan zijn dat er geen embryo's meer nodig zijn en dat van iedere persoon lichaamseigen weefsels kunnen worden gekweekt.

Naar: [www.erasmusmc.nl](http://www.erasmusmc.nl), persbericht 15-08-2011.

▼ **Afb. 22** Uit een embryonale stamcel kunnen allerlei verschillende cellen ontstaan.

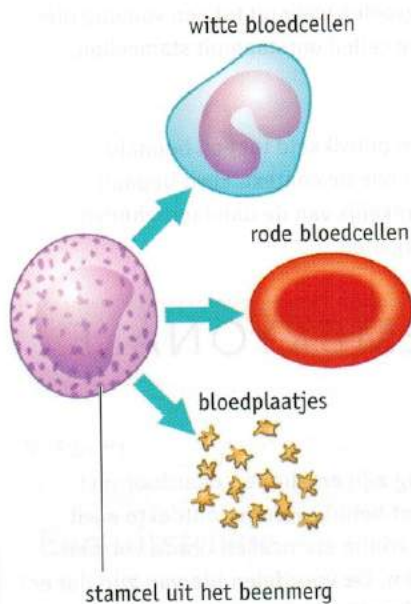


leder mens is ontstaan uit één bevruchte eicel. Cellen van een embryo kunnen uitgroeien tot allerlei verschillende type cellen. Deze stamcellen heten **embryonale stamcellen**. Ook allerlei organen blijken stamcellen te bevatten. Zo bevat beenmerg stamcellen die kunnen uitgroeien tot verschillende bloedcellen (zie afbeelding 23). Dit type stamcellen heet **adulte stamcellen** (volwassen stamcellen).



## opdracht 10

▼ **Afb. 23** Verschillende typen bloedcellen ontstaan uit adulte stamcellen in het beenmerg.



**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Hoe worden cellen genoemd waaruit verschillende andere celtypen kunnen ontstaan?
- 2 In het beenmerg zitten cellen die uit kunnen groeien tot rode bloedcellen, witte bloedcellen of bloedplaatjes. Zijn dit adulte of embryonale stamcellen. Leg je antwoord uit.

De vragen 3 en 4 gaan over de volgende tekst.

*Een onderzoeker brengt een bepaald type stamcellen in huidweefsel in. De stamcellen blijken zich te ontwikkelen tot huidcellen. Vervolgens brengt hij stamcellen van hetzelfde type in zenuwweefsel in. Nu blijken de stamcellen zich tot zenuwweefsel te ontwikkelen.*

*Uit onderzoek blijkt dat embryonale stamcellen die in huidweefsel worden ingebracht zich ontwikkelen tot huidcellen, en dat als deze stamcellen worden ingebracht in zenuwweefsel ze zich tot zenuwcellen ontwikkelen.*

- 3 Welk type stamcellen heeft de onderzoeker gebruikt?
- 4 Leg met behulp van deze informatie uit of stamcellen zich in een bepaalde richting ontwikkelen door informatie uit hun omgeving of door informatie in de cel zelf.

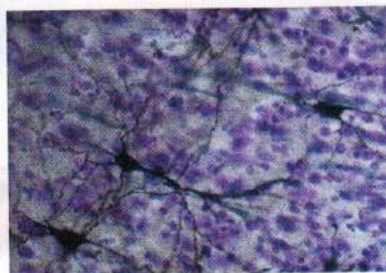
**WEEFSELS**

Uit embryonale stamcellen ontstaan groepjes cellen van hetzelfde type. Deze cellen van zo'n groepje beïnvloeden elkaar en werken samen. Een groep cellen met dezelfde vorm en functie noemen we een **weefsel**. Er zijn veel verschillende soorten weefsels, die elk hun eigen vorm en functie hebben (zie afbeelding 24). De vorm van de cellen in een weefsel hangt nauw samen met de functie. Zenuwcellen bezitten lange uitlopers, waarmee ze informatie doorgeven. Op verschillende plaatsen in je lichaam komt **dekweefsel** (epitheel) voor. Dekweefsel omsluit delen van een organisme of het hele organisme, zoals de huid bij de mens (zie afbeelding 25). De cellen zijn vaak rechthoekig en sluiten nauw aan.

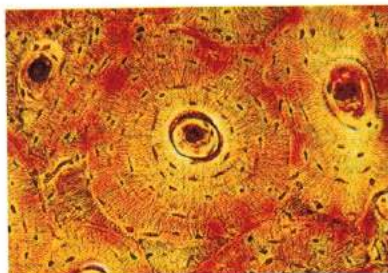
▼ **Afb. 24** Weefsels.



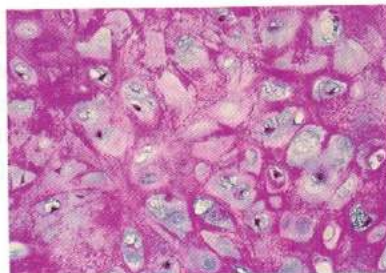
spierweefsel



zenuwweefsel

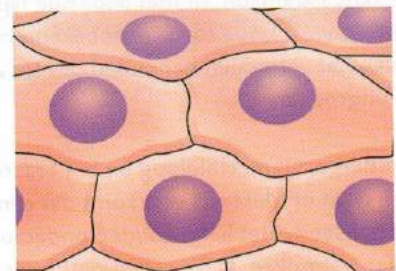


beenweefsel



kraakbeenweefsel

▼ **Afb. 25** De huid van de mens is een dekweefsel.



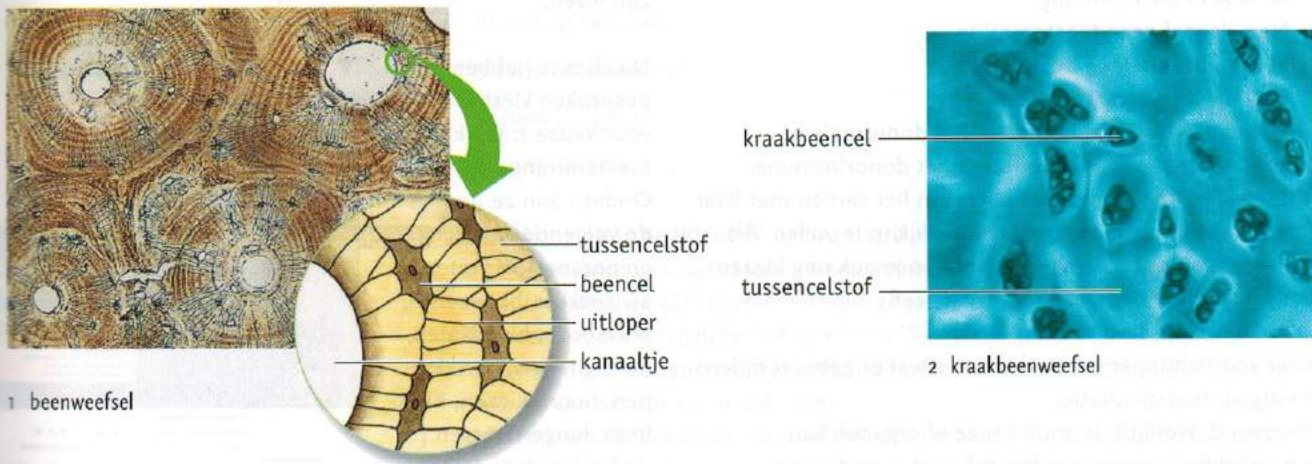
De huid bestaat uit een laag dicht aaneensluitende cellen. Als de cellen ouder worden, worden ze platter en gaan uiteindelijk dood. De buitenste laag bestaat uit dode verhoornde cellen.



**TUSSENCELSTOF**

Bij veel weefsels liggen de cellen niet direct tegen elkaar aan, maar komt tussen-  
celstof voor (zie afbeelding 26). De cellen van het weefsel vormen vaak deze  
tussencelstof, waarbij de aard van de tussencelstof samenhangt met de functie van  
het weefsel. Botten die het gewicht dragen en waar grote spieren aan vastzitten,  
zijn stevig doordat de tussencelstof stevig is. Door de tussencelstof in kraakbeen-  
weefsel is er vervorming mogelijk. De meniscus in een knie is van kraakbeen en  
kan vervormen, waardoor hij schokken kan opvangen. Ook tussen andere botten  
bevindt zich kraakbeen.

▼ **Afb. 26** Weefsels met tussencelstof.

**opdracht 11****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Welke overeenkomst bestaat er tussen de cellen van eenzelfde type weefsel?
- 2 De lever is omgeven door een vlies. De cellen van dit vlies zijn enigszins rechthoekig en sluiten nauw aan.  
Uit welk type weefsel bestaat dit vlies?
- 3 Waarmee hangt de aard van de tussencelstof van een weefsel samen?
- 4 Noem vier plaatsen in je lichaam waar kraakbeen voorkomt.

**ORGANEN EN ORGANENSTELSELS**

Een orgaan is een deel van een individu met een of meer functies. Organen bestaan uit meerdere weefsels, die samenwerken en zo een functie vervullen. Vaak is een aantal organen betrokken bij een bepaalde functie, zoals de vertering en opname van voedsel. Zo'n groep organen wordt een **organenstelsel** genoemd. Voorbeelden van organenstelsels zijn het verteringsstelsel en het bloedvatenstelsel.

Artsen specialiseren zich vaak in ziekten en aandoeningen van bepaalde organen of organenstelsels. Een dermatoloog bijvoorbeeld is gespecialiseerd in de huid.

**opdracht 12**

Er zijn veel verschillende medisch specialisten in ziekenhuizen.

Zoek op internet of in boeken op welke organen de volgende specialisten behandelen:

- |                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 1 cardioloog;                    | 6 KNO-arts;  |
| 2 endocrinoloog;                 | 7 neuroloog; |
| 3 gastro-entrololoog (MDL-arts); | 8 orthopeed; |
| 4 gynaecoloog;                   | 9 uroloog.   |
| 5 hematoloog;                    |              |



## EEN MOEILIJKE BESLISSING

Marion heeft post ontvangen. Een grote envelop met daarin het donorformulier. Vorig jaar is Marion 18 geworden. Alle jongeren ontvangen in het jaar nadat ze 18 zijn geworden het donorformulier.

Natuurlijk heeft Marion weleens nagedacht over orgaan-donatie. Maar nu ze moet kiezen, wordt het pas echt werkelijk.

Op het donorformulier heeft ze vier keuzemogelijkheden:

- 1 Ja, ik geef toestemming.
- 2 Nee, ik geef geen toestemming.
- 3 Mijn nabestaanden beslissen.
- 4 Een specifieke persoon beslist.

Deze keuze wordt opgenomen in het donorregister.

Marion leest dat je ook op internet het donorformulier kunt invullen, maar vindt het beter om het samen met haar ouders te bespreken en dan gezamenlijk in te vullen. Als je bijvoorbeeld toestemming geeft, kun je ook nog kiezen voor welke organen je toestemming geeft.

In het voorlichtingsmateriaal leest ze wat er gebeurt tijdens een orgaantransplantatie.

Als iemand overlijdt, is er de keuze of organen van de overledene kunnen worden gebruikt voor donatie.

Maar voor donatie is toestemming nodig. De arts belt de Nederlandse Transplantatie Stichting, waar het donorregister wordt geraadpleegd. Hierin staat de keuze die de persoon tijdens zijn leven heeft gemaakt. Als de overledene toestemming heeft gegeven, wordt onderzocht of de organen geschikt zijn voor transplantatie. De nabestaanden krijgen hier informatie over. Ze kunnen dan beslissen om voor of na de operatie afscheid te nemen

van de overledene. In een andere database wordt een geschikte patiënt gezocht. Als een geschikte persoon is gevonden wordt die met spoed opgeroepen. Daarna vindt de donoroperatie plaats, waarbij met veel respect wordt omgegaan met de overledene. Het lichaam wordt zo min mogelijk beschadigd en de wonden worden netjes gehecht. De ontvanger van het orgaan heeft door de donatie een betere kans op een gezond leven en vaak redt de donatie zijn leven.

Na alles te hebben besproken kiest Marion voor keuze 1: Ja, ik geef toestemming.

Onder 1 kan ze nog de volgende weefsels en organen uitsluiten: alvleesklier, botweefsel, kraakbeen, bloedvaten, darmen, hart, hartkleppen, hoornvliezen, huid, lever, longen, nieren.

Ze besluit dat ze alles beschikbaar wil stellen en kruist dus niets aan.

Marion vindt het een mooie gedachte dat mocht ze overlijden, ze het leven van iemand anders kan redden door een orgaan-donatie.

▼ Afb. 27 Het donorformulier.

### opdracht 13

#### Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij de context 'Een moeilijke beslissing'.

- 1 In de tekst worden organen en weefsels genoemd die je bij een keuze voor donor kunt uitsluiten.  
Bij welke opties die je kunt uitsluiten gaat het om een weefseltransplantatie en niet om een orgaantransplantatie?
- 2 Ogen staan niet in het rijtje van weefsels en organen die je kunt uitsluiten.  
Geef een verklaring waarom ogen niet in het rijtje van organen staan.
- 3 Bepaalde organen zijn met pezen bevestigd aan botten.  
Welke organen zijn dit?
- 4 Soms vindt er een transplantatie plaats terwijl de donor nog leeft. Meestal is de donor een direct familielid van de patiënt. Het gaat dan vaak om een orgaan waar je er twee van hebt en waarvan je er een kunt missen zonder dat je levenskwaliteit wordt beïnvloed.  
Welk orgaan zal dit zijn?
- 5 Organen bestaan uit verschillende weefsels.  
Welke van de in afbeelding 24 genoemde weefsels kun je in een hart aantreffen?



## opdracht 14

De weefsels en organen die je kunt uitsluiten voor donatie (zie de context 'Een moeilijke beslissing') kun je met uitzondering van de huid indelen bij een organenstelsel.

Neem het volgende schema over en noteer de weefsels en organen die je bij keuze 1 op het donorformulier kunt uitsluiten bij het juiste organenstelsel.

Organenstelsel	Weefsel of orgaan
Ademhalingsstelsel	
Beenderstelsel	
Bloedvatensstelsel	
Uitscheidingsstelsel	
Verteringsstelsel	
Zintuigstelsel	

## opdracht 15

Afbeelding 28 is de inleiding van een artikel op internet uit 2011. Er zijn in de afgelopen jaren veel voorstellen gedaan met betrekking tot orgaantransplantatie. Hieronder zijn vijf voorstellen weergegeven.

- 1 Iedereen is donor, tenzij je met een formulier aangeeft dat je geen donor wilt zijn.
- 2 Als iemand geen uitspraak over orgaandonatie heeft gedaan, moet je van de organen van deze persoon afblijven.
- 3 Iedereen van 18 jaar en ouder moet worden verplicht een keuze te maken op het donorformulier.
- 4 Als je niet als donor geregistreerd staat, kom je ook niet in aanmerking om een orgaan te ontvangen.
- 5 Mensen die zelf schade aan hun organen toebrengen (rokers, alcoholisten, enzovoort), moeten helemaal onderaan op de wachtlijst worden geplaatst.

Bediscussieer ieder voorstel met klasgenoten. Neem vervolgens de nummers over en geef bij ieder voorstel jouw beargumenteerde mening.

## ► Afb. 28

### Orgaandonatie

Orgaandonatie kan in veel gevallen levens redden. In Nederland is er een tekort aan donororganen. 5,5 miljoen mensen staan ingeschreven in het donorregister. Ongeveer 3,1 miljoen daarvan zijn bereid om donor te worden. De overige 2,4 miljoen geregistreerden laten die beslissing over aan hun familie of een

specifiek persoon of willen geen donor worden. Op 1 januari 2011 stonden er 1300 mensen op de wachtlijst voor orgaantransplantatie. In 2009 zijn 135 patiënten overleden terwijl ze op die wachtlijst stonden. Het is niet altijd te voorkomen dat een patiënt overlijdt, maar een groter aanbod van donororganen vermindert dit aantal wel.

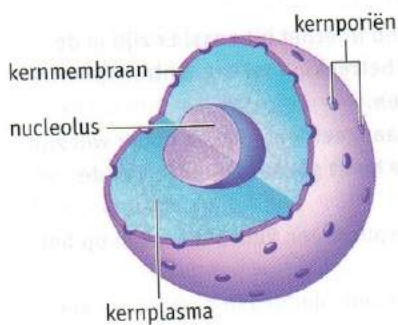


# 5 De celorganellen

In basisstof 3 heb je geleerd dat de celkern, vacuolen en plastiden celorganellen zijn. Het zijn grote organellen die met een lichtmicroscop te zien zijn. De kern bevat chromosomen waardoor allerlei processen in de cel plaatsvinden. Ze spelen een belangrijke rol bij de zelfregulatie van de cel.

De kern is omgeven door het kernmembraan en bevat **kernplasma** (zie afbeelding 29). Tijdens een celdeling worden de chromosomen zichtbaar. Bij de meeste cellen bevat elk chromosoom twee DNA-moleculen. Het **DNA** bevat de erfelijke informatie. In het kernmembraan bevinden zich **kernporiën**. Kernporiën regelen het transport van stoffen in en uit de kern.

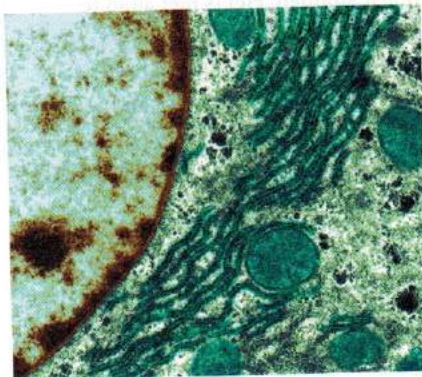
▼ **Afb. 29** De celkern (schematische tekening).



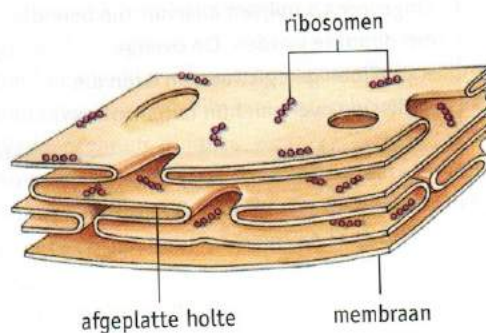
Het DNA in de celkern bevat onder andere de informatie voor de bouw van eiwitten. Eerst ontstaat aan het DNA een 'boodschapper-molecuul'. Dit molecuul wordt vanuit het kernplasma, via een kernporie, vervoerd naar het cytoplasma. In het cytoplasma bevindt zich een uitgebreid membranestelsel, het **endoplasmatisch reticulum**. Het is een ingewikkeld netwerk van dubbele membranen, waaruit ook het kernmembraan bestaat. De membranen liggen bijna tegen elkaar aan en vormen zo afgeplatte holten en kanaaltjes (zie afbeelding 30). De ruimten tussen de membranen staan met elkaar in verbinding. Het endoplasmatisch reticulum vervult een functie bij het transport van moleculen in de cel. Op de membranen van het endoplasmatisch reticulum bevinden zich **ribosomen**.

Ribosomen zijn kleine bolvormige organellen en ontstaan bij eukaryoten in een gedeelte van de kern dat de nucleolus heet. Ribosomen liggen niet alleen op het endoplasmatisch reticulum, maar komen ook vrij in het cytoplasma voor. Ook in het cytoplasma van prokaryoten (bacteriën en archaea) komen ribosomen voor. Prokaryoten hebben geen celkern. Het DNA bevindt zich in het cytoplasma. Aan het DNA worden net als bij eukaryoten boodschappermoleculen gevormd. Het boodschappermolecuul uit de kern wordt in het cytoplasma naar een ribosoom vervoerd. Aan de hand van informatie van het boodschappermolecuul vindt vorming van eiwitmoleculen plaats. Eiwitten die worden gevormd door ribosomen die vrij in het cytoplasma liggen, komen in het cytoplasma terecht. Bevinden de ribosomen zich aan het endoplasmatisch reticulum, dan komen de eiwitten in de ruimte tussen de membranen van het endoplasmatisch reticulum. Deze eiwitmoleculen hebben nog niet hun uiteindelijke vorm.

▼ **Afb. 30** Endoplasmatisch reticulum met ribosomen.



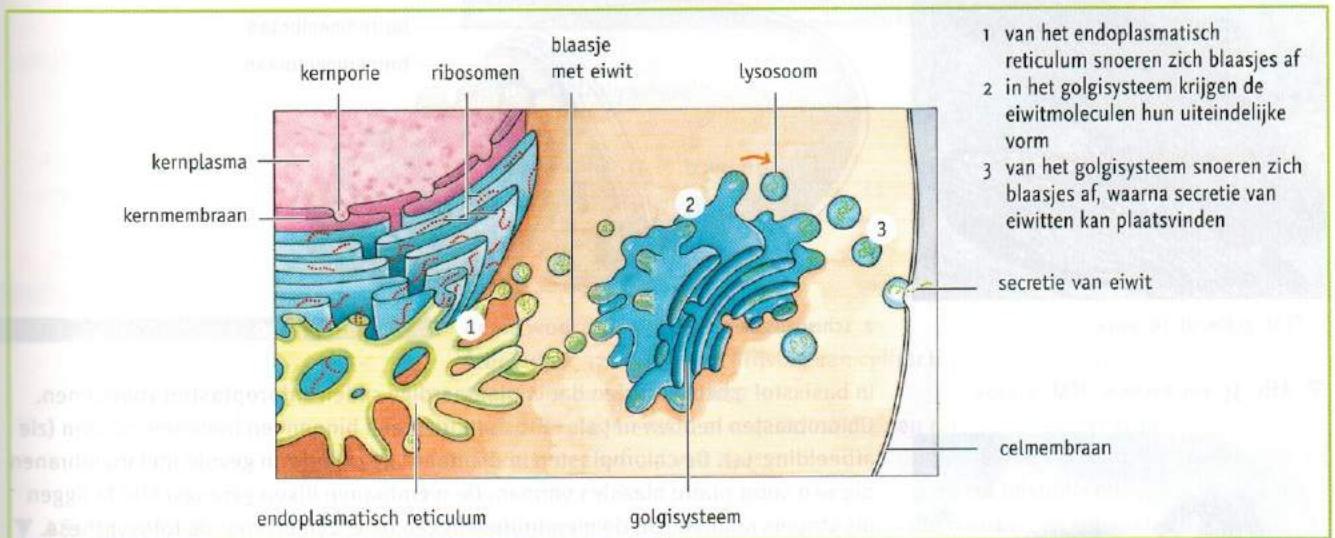
1 elektronenmicroscopische foto (TEM, 11 000x)



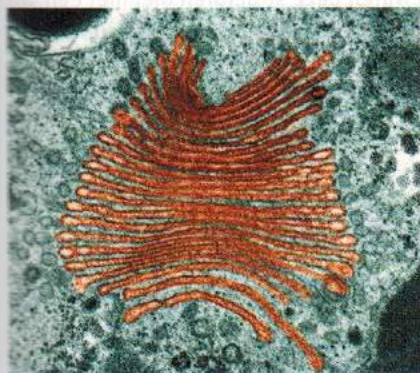
2 schematische tekening



▼ Afb. 31 Van eiwitsynthese tot secretie.



▼ Afb. 32 Het golgisysteem (TEM, gekleurd, 7500x).



Van het endoplasmatisch reticulum snoeren zich blaasjes af (zie afbeelding 31). Deze blaasjes versmelten met het **golgisysteem**. Het golgisysteem bestaat uit opeengestapelde platte blaasjes (zie afbeelding 32). In het golgisysteem krijgen de eiwitmoleculen hun uiteindelijke vorm. Van het golgisysteem snoeren zich ook weer blaasjes af. Sommige blaasjes versmelten vervolgens met het celmembraan en geven de eiwitten buiten de cel af. Het afgeven van stoffen door cellen wordt **secretie** genoemd.

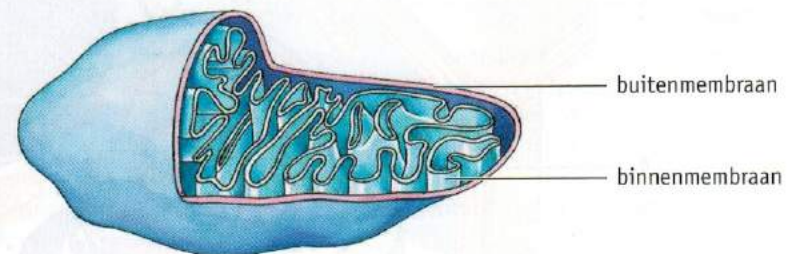
Andere blaasjes die van het golgisysteem afsnoeren, zoals **lysosomen**, blijven in de cel. Lysosomen bevatten enzymen die stoffen afbreken. Lysosomen kunnen samensmelten met andere blaasjes en stoffen in die blaasjes verteren.

**Mitochondriën** (enkelvoud: mitochondrium) zijn bolvormige organellen. Ze bezitten een buitenmembraan en een sterk geplooid binnenmembraan (zie afbeelding 33). In mitochondriën vinden met behulp van zuurstof reacties plaats waarbij energie vrijkomt. De vrijgemaakte energie wordt tijdelijk opgeslagen in moleculen van de stof **ATP** (adenosinetrifosfaat). Als op een later tijdstip ergens in de cel energie nodig is, wordt deze energie weer vrijgemaakt uit de ATP-moleculen. De enzymen die deze reacties mogelijk maken, liggen in het binnenmembraan. Het aantal mitochondriën in een cel is afhankelijk van de activiteit van de cel.

▼ Afb. 33 Een mitochondrium.



1 TEM, gekleurd, 37 000x



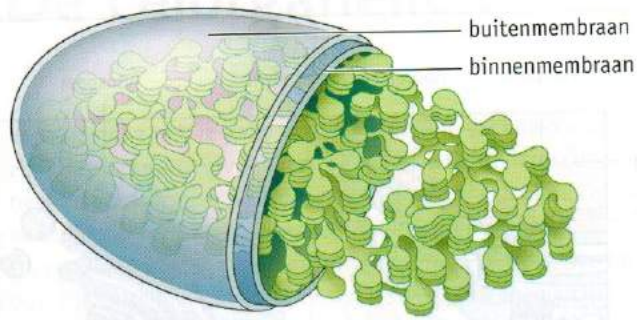
2 schematische tekening



▼ Afb. 34 Een chloroplast.

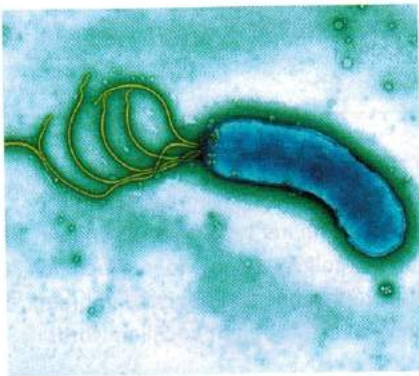


1 TEM, gekleurd, 16 000x



2 schematische tekening

▼ Afb. 35 Een bacterie, TEM, 9 000x.



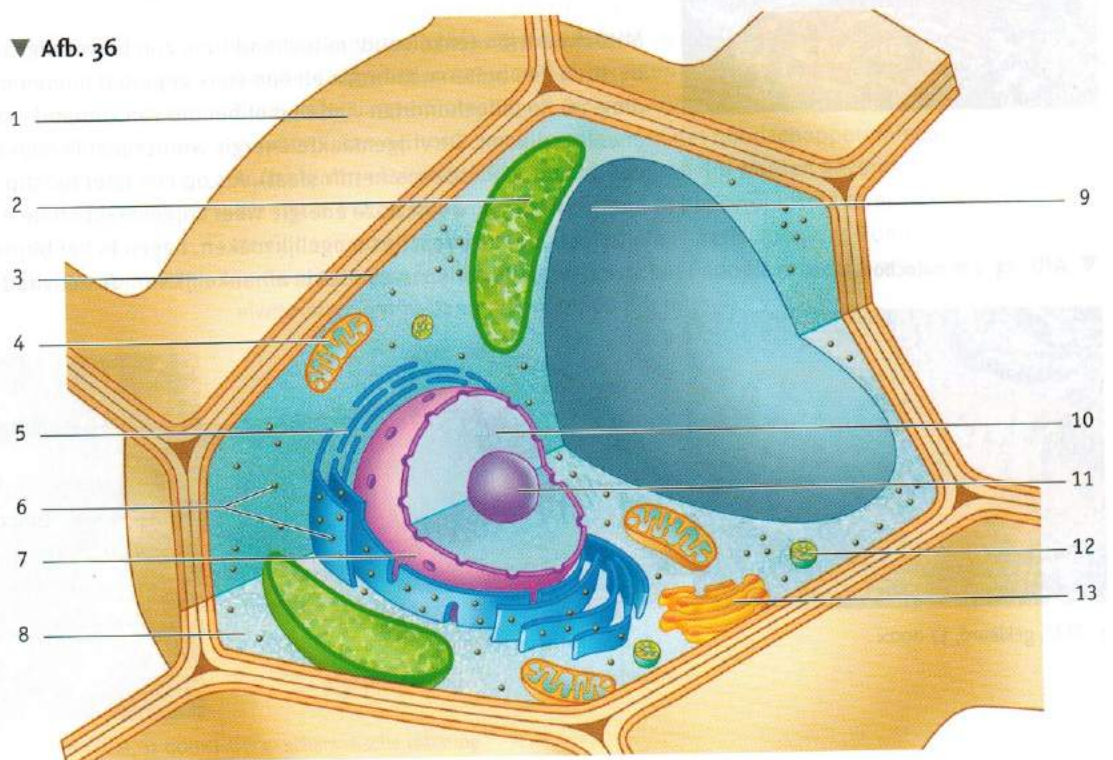
In basisstof 3 heb je gezien dat in plantaardige cellen **chloroplasten** voorkomen. Chloroplasten hebben net als mitochondriën een binnen- en buitenmembraan (zie afbeelding 34). De chloroplasten in plantaardige cellen zijn gevuld met membranen die een soort platte blaasjes vormen. De membranen lijken gerangschikt te liggen als stapels munten. Op de membranen liggen de enzymen voor de fotosynthese.

Lange tijd dacht men dat prokaryoten behalve ribosomen geen organellen bevatten. Recent heeft men echter ontdekt dat ook bij prokaryoten allerlei structuren voorkomen. Door de geringe afmetingen waren deze structuren niet met een elektronenmicroscop zichtbaar (zie afbeelding 35). Door de verbeterde apparatuur heeft men nu zelfs bacteriën ontdekt die een kernachtige structuur bezitten. Om het celmembraan ligt bij de meeste bacteriën en archaea net als bij planten en schimmels een celwand.

opdracht 16

Afbeelding 36 is een tekening van een plantaardige cel. Noteer de namen van de genummerde delen.

▼ Afb. 36





## opdracht 17

Neem het volgende schema over en vul de functies van de delen in.

Deel	Functie
Celwand	
Grote, centrale vacuole	
Celkern	
Endoplasmatisch reticulum	
Mitochondriën	
Chloroplasten	

## opdracht 18

Beantwoord de volgende vragen.

Afbeelding 37 is een beschrijving van celfractionering. De vragen 1 tot en met 4 gaan over deze afbeelding.

- Welk neerslag bevat veel organellen die een rol spelen bij het vrijmaken van energie met behulp van zuurstof?
- Een student wil het transport van eiwitten in de cel bestuderen. Welk neerslag bevat de meeste structuren die daarbij een rol spelen?

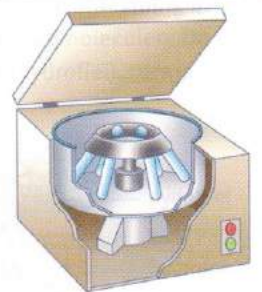
## ▼ Afb. 37

## BIOLOGISCHE TECHNIEK

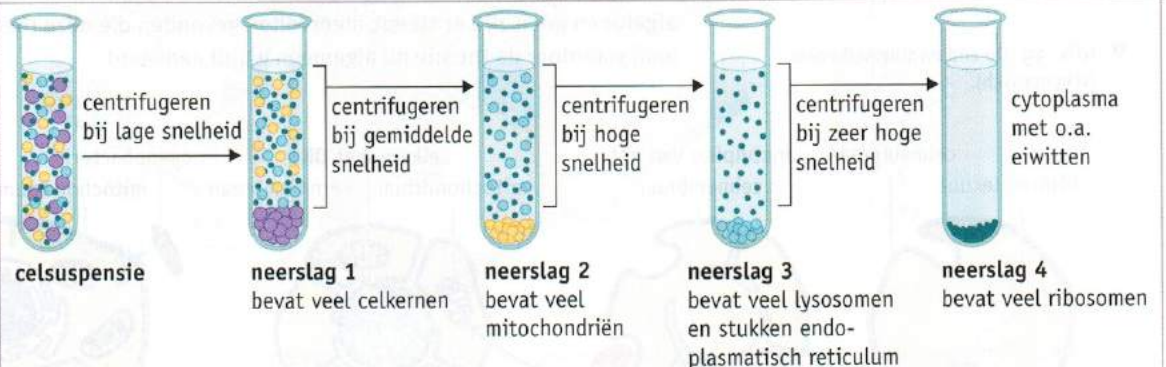
## CELFRACTIONERING

**Doel** De verschillende organellen verschillen in grootte en in massa. Het verschil in massa kan worden gebruikt om delen van cellen van elkaar te scheiden in een snel ronddraaiende centrifuge.

**Werkwijze** Eerst maakt men de cellen van een weefsel los van elkaar en maakt men de celmembranen kapot. Na filtratie, waarbij cellen die niet kapot zijn gegaan worden verwijderd, ontstaat een suspensie met alle onderdelen van de cellen. De suspensie gaat dan in een centrifuge. Op lage snelheid ontstaat een neerslag van de grootste celorganellen. De bovenste vloeistof gebruikt men voor een volgende stap waarbij de centrifuge sneller draait. Dit herhaalt men tot ook de kleinste celorganellen neerslaan. Op deze manier kan men celkernen, mitochondriën en zelfs ribosomen van elkaar scheiden.



## Resultaat

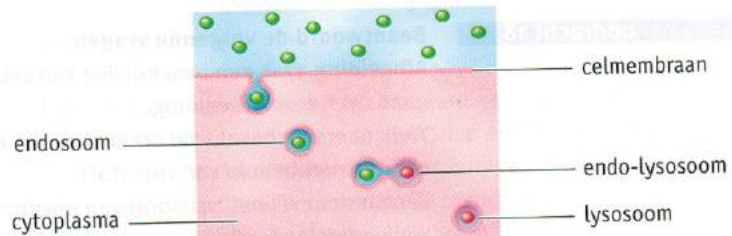


- Neerslag 4 kan onder andere worden gebruikt om de productie van bepaalde stoffen te onderzoeken. De productie van welke stoffen kan met neerslag 4 worden onderzocht?
- In afbeelding 37 is niet aangegeven in welk neerslag het golgisyteem kan worden aangetroffen. Beredeneer op grond van de bouw van het golgisyteem in welk neerslag je verwacht delen van het golgisyteem aan te treffen.



- 5 Amylase is een enzym dat zetmeel afbreekt. Cellen in de speekselklieren produceren amylase en geven het af aan een speekselbuisje. Verschillende delen van de cellen spelen een rol bij de productie van amylase. Noteer de volgende delen van een cel die een rol spelen bij de productie en afgifte van een enzym in de juiste volgorde: *boodschappermolecuul – chromosomen – endoplasmatisch reticulum – golgisyteem – ribosomen*.
- 6 Een endosoom is een blaasje dat zich afsnoert van het celmembraan (zie afbeelding 38). Een endosoom kan samensmelten met een lysosoom. De inhoud van beide blaasjes vermengt zich dan. Welk gevolg kan dit hebben voor de stoffen in het endosoom?

► Afb. 38 Endosoom en lysosoom.



## EVOLUTIE

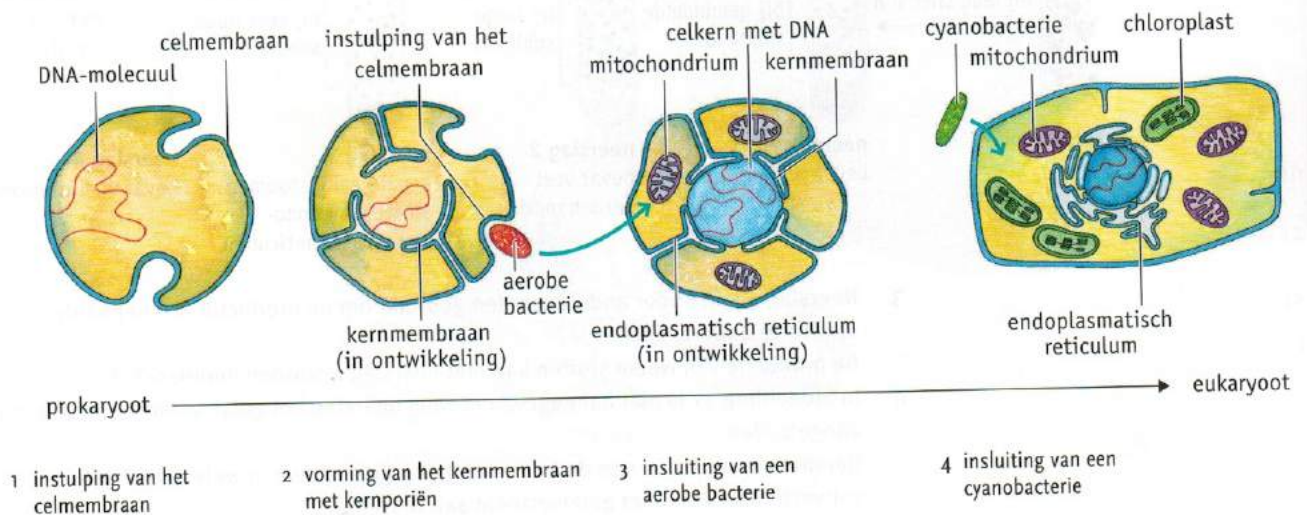
### ENDOSYMBIOSETHEORIE

Veel cellen bezitten de mogelijkheid het celmembraan te laten instulpen en daarbij materiaal uit de omgeving op te nemen in een blaasje in de cel. Sommige witte bloedcellen kunnen op deze manier hele bacteriën opnemen.

Zowel mitochondriën als plastiden bezitten een dubbele membraan en bevatten kringvormig DNA dat lijkt op dat van prokaryoten (bacteriën en archaea). De bouw van het binnenste membraan komt overeen met de bouw van het celmembraan van prokaryotische organismen en de deling van mitochondriën en plastiden verloopt op eenzelfde manier als bij prokaryoten.

Onderzoekers hebben een theorie opgesteld om deze overeenkomsten te verklaren. Deze theorie heet de **endosymbiosetheorie** (endo = binnen; symbiose = samenleven). In afbeelding 39 is deze theorie schematisch weergegeven. In de afgelopen jaren zijn er steeds meer feiten gevonden die deze theorie ondersteunen, waardoor de theorie nu algemeen wordt aanvaard.

▼ Afb. 39 De endosymbiosetheorie (schematisch).





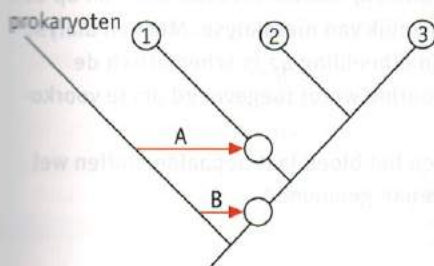
Volgens de endosymbiosetheorie begon het ontstaan van eukaryoten met prokaryoten die relatief groot waren. Door instulping van het celmembraan om het DNA ontstonden het kernmembraan, de celkern en het endoplasmatisch reticulum. Sommige prokaryoten waren in staat met behulp van zuurstof energierijke stoffen af te breken. Door opname van deze bacteriën zijn mitochondriën ontstaan. Chloroplasten zijn ontstaan uit cyanobacteriën die in de cel zijn opgenomen. In cyanobacteriën (blauwieren) vindt net als in chloroplasten fotosynthese plaats. Cyanobacteriën horen tot de oudste organismen op aarde en bestaan waarschijnlijk al 3,5 miljard jaar.

### EVOLUTIE opdracht 19

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waarmee verwacht je dat het buitenmembraan van chloroplasten en mitochondriën overeenkomt als ze zijn ontstaan volgens de endosymbiosetheorie?
- 2 In afbeelding 40 is een vertakkingschema weergegeven. De letters A en B geven processen uit de endosymbiosetheorie weer. Stelt nummer 1 het planten- of het dierenrijk voor? Leg je antwoord uit met de processen die worden voorgesteld door de letters A en B.

▼ Afb. 40

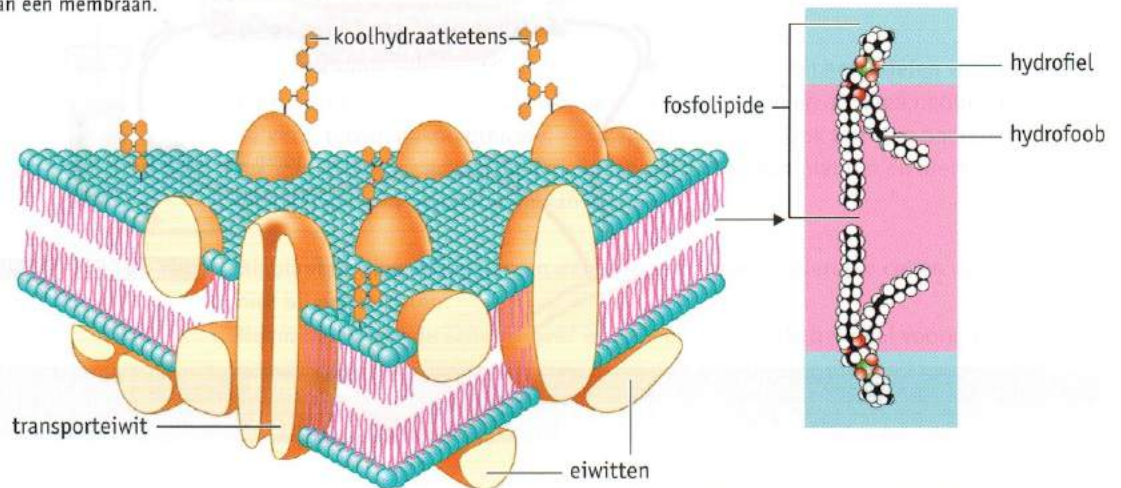


#### DE BOUW VAN MEMBRANEN

Cellen nemen stoffen uit hun omgeving op en geven stoffen aan hun omgeving af. Deze stoffen passeren hierbij het celmembraan. Ook in de cel bevinden zich veel membranen.

Celmembranen bestaan uit een dubbele laag van **fosfolipiden** (zie afbeelding 41). Fosfolipiden zijn vetachtige stoffen en zijn te vergelijken met zeepmoleculen. De ene kant van een fosfolipidenmolecuul is in water oplosbaar (hydrofiel), terwijl de andere kant juist waterafstotend is (hydrofoob).

▼ Afb. 41 De bouw van een membraan.



In een membraan ligt een groot aantal eiwitmoleculen. Aan een aantal eiwitmoleculen en aan sommige fosfolipiden zitten koolhydraatketens (zie afbeelding 41). Veel van de eiwitten spelen een rol bij het transport van stoffen in en uit een cel. Verder bevat het celmembraan **cholesterol**, dat een rol speelt in de stevigheid van de membranen.

Membranen zijn ondoordringbaar voor veel stoffen. Alleen sommige vetten en een aantal kleine moleculen zoals zuurstof, stikstof en koolstofdioxide kunnen membranen ongehinderd passeren. Watermoleculen zijn erg klein en kunnen membranen wel passeren, maar dit gaat relatief traag.



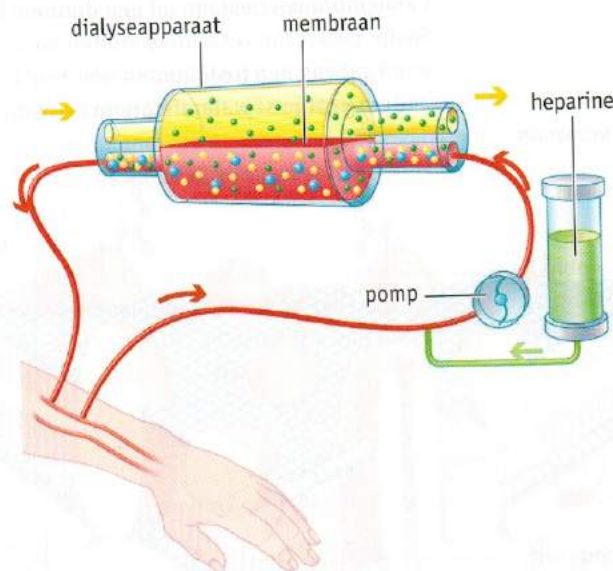
Het opnemen en afgeven van veel stoffen wordt gereguleerd door de eiwitten in het membraan. Celmembranen zijn **selectief permeabel**, dat wil zeggen dat ze bepaalde stoffen wel en andere stoffen niet doorlaten.

## opdracht 20

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Het voedsel van de mens bevat voedingsstoffen. Zes groepen voedingsstoffen zijn: eiwitten, koolhydraten, mineralen, vetten, vitaminen, water. Van welke van deze groepen voedingsstoffen kun je met zekerheid zeggen dat ze bouwstenen leveren voor membranen?
- 2 Water kan via eiwitten in het membraan een cel in en uit. Waardoor kan water niet makkelijk de fosfolipidenlaag passeren?
- 3 In de longen vindt tussen de lucht in de longen en het bloedplasma in de longhaarvaten uitwisseling van koolstofdioxide en zuurstof plaats. Hierbij passeren koolstofdioxide- en zuurstofmoleculen celmembranen. Zijn bij dit transport membraaneiwitten nodig? Leg je antwoord uit.
- 4 Mensen die slecht functionerende nieren hebben, moeten meestal wachten op een niertransplantatie. Tot die tijd zijn ze afhankelijk van nierdialyse. Met een dialyseapparaat wordt hun bloed dan gereinigd. In afbeelding 42 is schematisch de werking van nierdialyse weergegeven. (Heparine wordt toegevoegd om te voorkomen dat er bloedstolsels ontstaan.) Het membraan tussen de dialysevloeistof en het bloed laat bepaalde stoffen wel door en andere niet. Hoe wordt zo'n membraan genoemd?

► Afb. 42 Nierdialyse.



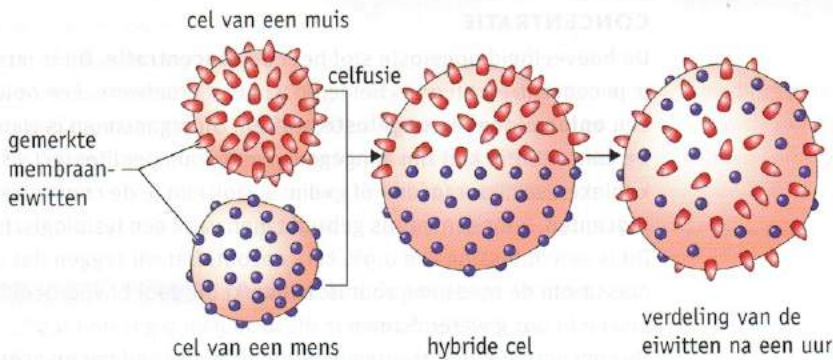
## opdracht 21

Afbeelding 43 is een weergave van een onderzoek. Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bestaat het onderzoek uit een experiment of een observatie?
- 2 Op welk niveau van de biologie vindt dit onderzoek plaats?
- 3 De conclusie is in afbeelding 42 niet ingevuld. Welke conclusie kan uit dit onderzoek worden getrokken?



## ▼ Afb. 43

ONDERZOEK BEWEGEN MEMBRAANEIWITTEN?	
Observatie	Membranen bestaan uit fosfolipiden die bij kamertemperatuur vloeibaar zijn. Als een membraan lijkt op een vloeistof, dan bewegen de moleculen van het membraan. Eiwitten die in het membraan liggen, bewegen dan mee.
Probleemstelling	Bewegen eiwitten in een membraan?
Hypothese	Eiwitten in een membraan bewegen.
Experiment	De membraaneiwitten van een cel van een muis en de membraaneiwitten van een menselijke cel worden op twee verschillende manieren gemerkt. Daarna worden beide cellen gefuseerd. Met een microscoop worden de gemerkte eiwitten op de gefuseerde cel geobserveerd.
Resultaat	Na een uur bevinden de gemerkte eiwitten zich op willekeurige plekken in het membraan van de hybride cel. 
Conclusie	

**VERSCHILLEN**

In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat bij het indelen van organismen wordt gelet op de bouw van de cellen. Bacteriën en archaea hebben geen celkern, terwijl eukaryoten wel een celkern bezitten. Ook bezitten bacteriën en archaea vrijwel geen organellen. Tussen de cellen van planten en dieren bestaan verschillen in het voorkomen van organellen.

**opdracht 22**

Bij plantaardige cellen komen delen voor die niet bij dierlijke cellen voorkomen en niet bij prokaryoten.

Neem het volgende schema over en zet een kruisje als het deel voorkomt.

Deel	Komt voor bij		
	prokaryoten	cellen van planten	cellen van dieren
Celkern			
Celmembraan			
Celwand			
Cytoplasma			
Endoplasmatisch reticulum			
Grote, centrale vacuole			
Mitochondriën			
Plastiden			



# 6 Diffusie en osmose

Zonder eten, drinken en ademen houd je het niet lang uit. Vooral een tekort aan zuurstof merk je snel. De cellen van je lichaam hebben zuurstof nodig. Dit nemen ze op uit hun omgeving.

Cellen nemen allerlei stoffen uit hun omgeving op en geven stoffen aan hun omgeving af. Bij dit transport van stoffen spelen verschillende processen een rol. Twee van deze processen zijn diffusie en osmose. Voor transport via diffusie of osmose is het verschil in de hoeveelheid opgeloste stoffen binnen en buiten de cel belangrijk.

## CONCENTRATIE

De hoeveelheid opgeloste stof heet de **concentratie**. Dit is iets heel anders dan dat je je concentreert tijdens het leren van een proefwerk. Een oplossing bestaat uit een **oplosmiddel** en **opgeloste stoffen**. Bij organismen is water het oplosmiddel. De concentratie kan zijn aangegeven met gram per liter ( $\text{g/L}$  of  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) of gram per kubieke decimeter ( $\text{g/dm}^3$  of  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Ook kun je de concentratie aangeven in procenten. Voor een infuus gebruikt men vaak een fysiologische zoutoplossing. Dit is een oplossing van 0,9% keukenzout. Dat wil zeggen dat 0,9% van de totale massa van de oplossing zout is. Je maakt dit door bijvoorbeeld 9 g zout op te lossen in 991 g water. Samen is dit 1000 g en 9 g is dan 0,9%. De concentratie in procenten wordt altijd berekend ten opzichte van de totale oplossing. Meestal zal men 9 g zout oplossen in een liter water. Dit is dus niet helemaal nauwkeurig.

Erg lage concentraties van een stof wordt vaak uitgedrukt in **ppm** (parts per million). 1 ppm komt overeen met een concentratie van 0,0001%.

### opdracht 23

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Stel, je moet 20 g keukenzoutoplossing maken van 5%. Hoeveel gram zout en hoeveel gram water heb je dan nodig?
- 2 Christel lost 5 g keukenzout op in 20 g water. Hoe groot is de zoutconcentratie in de oplossing die ze krijgt?
- 3 Stel, je moet 250 mL fysiologische zoutoplossing maken. Hoeveel gram keukenzout moet je dan oplossen?
- 4 In 2010 was de gemiddelde concentratie koolstofdioxide in de lucht 0,037%. Hoeveel ppm was dit?



## ▼ Afb. 44

## Te veel gedronken

Jitske was met haar scooter naar een feestje geweest. Ze had twee glazen bier gedronken toen ze naar huis wilde. Hoewel haar vriendinnen zeiden dat ze beter de scooter kon laten staan en naar huis kon lopen, vond Jitske dat het best nog kon. Ze was helemaal niet dronken. Bram hoorde wat er werd gezegd en hij wist dat vlakbij een alcoholcontrole aan de gang was. Hij stelde voor om daarheen te lopen en het aan de agenten te vragen. Die wilden best meewerken, dus lieten ze Jitske blazen. Het apparaat gaf 0,100 mg/L aan. 'Dat is te veel,' zei een van de agenten. 'Je mag maar

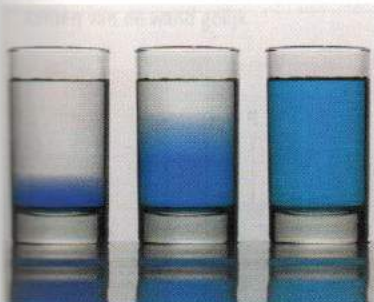


0,088 mg alcohol per liter uitgeademde lucht hebben. Dat komt overeen met 0,2 g per liter bloed (= 0,2%).' Jitske was teleurgesteld, maar blij dat haar

vriendinnen haar hadden gewaarschuwd. Stel dat ze een ongeluk zou hebben veroorzaakt.

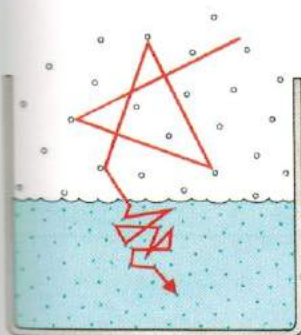
## opdracht 24

## ▼ Afb. 45 Diffusie van een kleurstof in water.



## ▼ Afb. 46

## De afgelegde weg van een gasmolecuul in water.



## Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 44.

- In afbeelding 44 staat dat Jitske twee glazen bier had gedronken. Een glas bier heeft een inhoud van 250 mL en het bier een alcoholpercentage van 5%. Hoeveel milliliter alcohol had Jitske gedronken?
- Hoeveel milligram alcohol had Jitske te veel in haar uitgeademde lucht?
- Hoeveel milligram alcohol had Jitske in een liter bloed?
- Stel, Jitske heeft ongeveer 4,5 L bloed in haar lichaam. Hoeveel gram alcohol had ze dan in haar bloed? Rond je antwoord af op hele grammen.
- Alcohol weegt bij kamertemperatuur 800 g per liter. Hoeveel gram alcohol had Jitske gedronken?
- Het antwoord van vraag 4 is veel kleiner dan dat van vraag 5. Geef een verklaring voor dit verschil.

## DIFFUSIE

Je hebt net thee ingeschonken en er een klontje suiker in gedaan, als de telefoon gaat. Na het gesprek ben je vergeten of je nu wel of geen suiker in je thee hebt gedaan. Voorzichtig proef je de thee. Deze smaakt zoet. Hoewel de thee niet geroerd was, bleek de suiker toch te zijn opgelost en zich over de vloeistof te hebben verspreid. Dit verschijnsel heet **diffusie** en wordt veroorzaakt doordat de watermoleculen en de suikermoleculen bewegen. Je kunt dit ook zien als je in een glas een oplossing van een kleurstof doet en daar voorzichtig water op schenkt (zie afbeelding 45).

Diffusie is de verplaatsing van een stof van een plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie van die stof. Diffusie vindt plaats in gassen zoals lucht en vloeistoffen zoals water. Diffusie ontstaat door de beweging van moleculen (zie afbeelding 46).



## opdracht 25

## PRACTICUM

## DIFFUSIESNELHEID

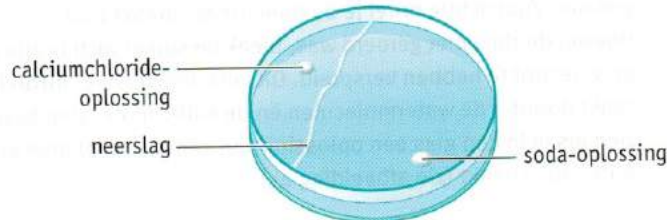
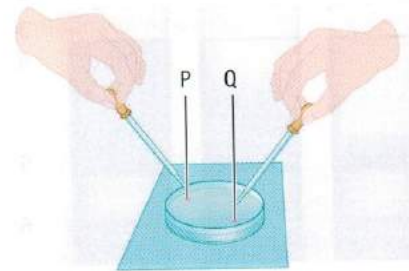
Inleiding	De snelheid van de moleculen is van invloed op de diffusiesnelheid. De snelheid van moleculen hangt af van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur is, hoe sneller de moleculen bewegen.
Probleemstelling	Is de diffusiesnelheid afhankelijk van de temperatuur?
Hypothese	Hoe hoger de temperatuur is, hoe sneller diffusie verloopt.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• soda-oplossing</li> <li>• calciumchloride-oplossing</li> <li>• water</li> <li>• petrischaal</li> <li>• twee druppelpipetten</li> </ul>
Methode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderzoek volgens de methode van afbeelding 47 of de diffusiesnelheid afhankelijk is van de temperatuur. Gebruik hierbij koud en warm kraanwater.</li> <li>• Maak een verslag van je onderzoek. Gebruik hierbij dit schema.</li> </ul>
Resultaat	
Conclusie	

## ▼ Afb. 47

## BIOLOGISCHE TECHNIEK

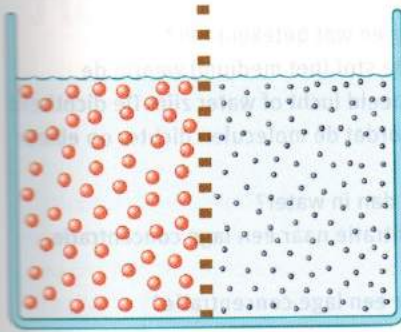
## DE DIFFUSIESNELHEID VAN OPGELOSSE STOFFEN IN WATER

Doel	Sommige opgeloste stoffen reageren met elkaar waarbij een neerslag ontstaat. Door de stoffen op een bepaalde afstand van elkaar in water te doen, kun je bepalen hoe snel de opgeloste stoffen door het water diffunderen. Op het moment dat de opgeloste stoffen bij elkaar komen, ontstaat een neerslag. De tijd die nodig was om het neerslag te laten ontstaan, is een maat voor de diffusiesnelheid.
Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zet op de bodem van een petrischaal twee stippen met viltstift. Zet de stippen op ongeveer 1 cm van de rand recht tegenover elkaar.</li> <li>• Vul de petrischaal met water en zet hem op een vaste ondergrond. De petrischaal mag tijdens het experiment niet bewegen. (Tip: door de petrischaal op een blauw papier te zetten zie je nog beter wat er gebeurt.)</li> <li>• Laat met een druppelpipet boven de ene stip een druppel soda-oplossing in het water vallen en tegelijk bij de andere zwarte stip een druppel calciumchloride-oplossing. Start op hetzelfde moment de tijdwaarneming.</li> <li>• Zodra in de petrischaal een neerslag te zien is, stop je de tijdwaarneming.</li> </ul>
Resultaat	Tussen de twee plaatsen waar de oplossingen zijn ingebracht ontstaat een neerslag. De tijd om dit neerslag te vormen is een maat voor de diffusiesnelheid.

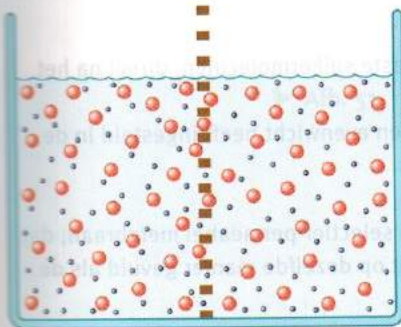




▼ Afb. 48 Diffusie door een permeabele wand.



1 aan het begin zijn twee oplossingen gescheiden door een permeabele wand



2 na enige tijd stelt zich een evenwicht in, van iedere stof is de concentratie aan beide kanten van de wand gelijk

### OSMOSE

Diffusie kan ook optreden als vloeistoffen of gassen zijn gescheiden door een wand waar alle moleculen doorheen kunnen gaan. Zo'n wand noemen we doorlatend of **permeabel** (zie afbeelding 48).

Een membraan kun je ook zien als een wand. Sommige stoffen zoals zuurstof en koolstofdioxide kunnen membranen vrijwel ongehinderd passeren. Het transport van deze stoffen in en uit een cel gaat via diffusie. Voor veel andere stoffen zijn membranen niet of slecht doorlaatbaar.

Omdat sommige stoffen wel door een membraan gaan en andere niet, noemen we membranen **selectief permeabel**.

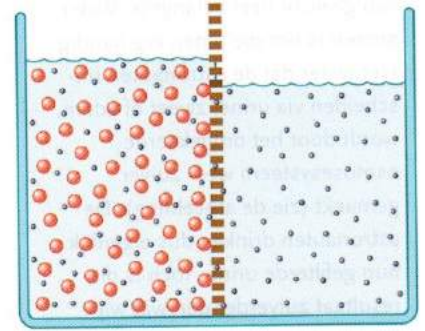
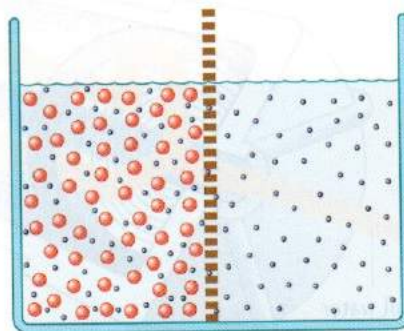
In afbeelding 49 bevindt zich links van het membraan een oplossing. Rechts bevindt zich alleen water. Het membraan is doorlaatbaar voor water, maar niet voor de opgeloste stof. Daardoor is voor de watermoleculen de hele ruimte beschikbaar voor diffusie. Door de beweging van de moleculen gaan er voortdurend watermoleculen door het membraan heen. Aan de kant van de opgeloste stoffen zal een watermolecuul minder vaak tegen een opening in het membraan botsen dan aan de rechterkant, doordat de moleculen van de opgeloste stof een deel van de ruimte innemen. Het aantal watermoleculen aan de kant van het oplosmiddel neemt toe en daardoor ook de druk. Doordat er meer water bij de oplossing komt, neemt de concentratie van de opgeloste stof af. Dit proces van waterverplaatsing door een selectief-permeabel membraan heet **osmose**.

Het aantal deeltjes van de opgeloste stoffen geeft een oplossing een bepaalde osmotische waarde. Hoe meer deeltjes zich in de oplossing bevinden, hoe hoger de **osmotische waarde** is. Het maakt hierbij niet uit welke stof is opgelost, alleen het aantal deeltjes telt.

Wanneer je zout oplost in water valt dat uiteen in natriumionen ( $\text{Na}^+$ -ionen) en chloride-ionen ( $\text{Cl}^-$ -ionen). Bij het oplossen van glucose gebeurt dit niet. Een oplossing met een bepaald aantal moleculen  $\text{NaCl}$  heeft daardoor een hogere osmotische waarde dan een oplossing met hetzelfde aantal moleculen glucose. Osmose is te omschrijven als de verplaatsing van water door een selectief-permeabel membraan, van een plaats met een lage osmotische waarde naar een plaats met een hogere osmotische waarde.

**Bij osmose vindt alleen verplaatsing van watermoleculen plaats, niet van de opgeloste stof.**

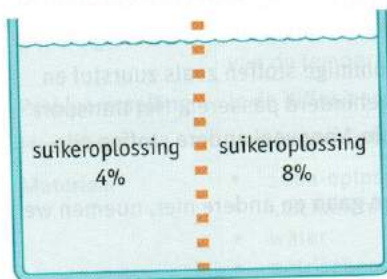
► Afb. 49 Diffusie van water door een selectief-permeabel membraan (osmose).





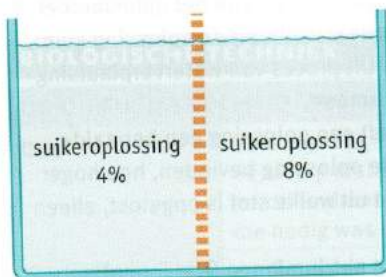
## opdracht 26

## ▼ Afb. 50



permeabele wand

## ▼ Afb. 51

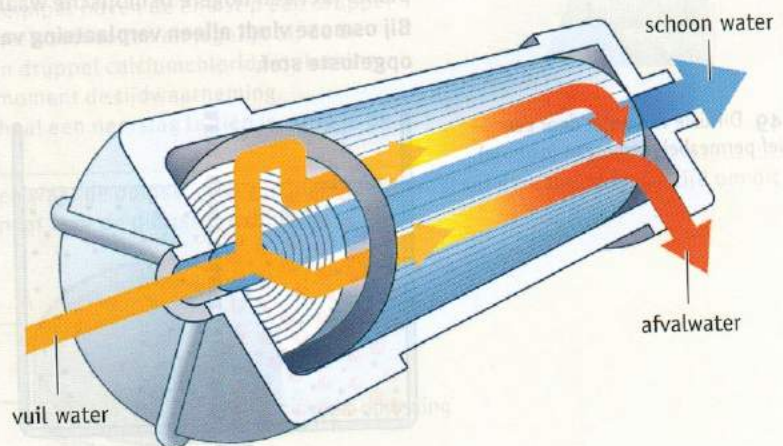


selectief-permeabel membraan

## ▼ Afb. 52

## Hergebruik urine

In de ruimtevaart is het uitsparen van gewicht heel belangrijk. Water sparen is om die reden erg handig. Het water dat de astronauten uitscheiden via urine, zweet of adem, wordt door het omgekeerde-osmosesysteem weer zuiver gemaakt (zie de afbeelding). De astronauten drinken dus eigenlijk hun gefilterde urine. Toch is dit resultaat zuiverder dan wat wij doorgaans in ons glas krijgen.



## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Zoek de betekenis van het woord 'diffuus' op. Uit welke taal is het woord 'diffuus' afkomstig en wat betekent het?
- 2 De snelheid van de diffusie hangt ook af van de stof (het medium) waarin de diffusie plaatsvindt. Het medium kan bijvoorbeeld lucht of water zijn. De dichtheid van water is veel groter dan die van lucht. Doordat de moleculen dichter op elkaar zitten, zijn er veel meer botsingen. Gaat de diffusie in lucht sneller of langzamer dan in water?
- 3 Bij diffusie gaat een stof van een hoge concentratie naar een lage concentratie. Osmose is ook een vorm van diffusie. Welke stof gaat bij osmose van een hoge naar een lage concentratie?

In afbeelding 50 is een bak getekend die door een permeabele wand in twee helften wordt gedeeld. Links bevindt zich een suikeroplossing van 4%; rechts een suikeroplossing van 8%.

De vragen 4 en 5 gaan over afbeelding 50.

- 4 In welk deel van de bak bevinden zich de meeste suikermoleculen, direct na het vullen van de bak?
- 5 Wat wordt de suikerconcentratie nadat zich een evenwicht heeft ingesteld in de hele bak?

In afbeelding 51 is een bak getekend met een selectief-permeabel membraan, dat de bak in twee ruimten verdeelt. De bak wordt op dezelfde manier gevuld als de bak in afbeelding 50.

De vragen 6 tot en met 11 gaan over afbeelding 51.

- 6 Treedt er diffusie van suiker op? Leg je antwoord uit.
- 7 Treedt er diffusie van water op? Zo ja, in welke richting?
- 8 Hoe veranderen de vloeistofniveaus in beide delen?
- 9 Waardoor stijgt de concentratie suiker in het linkerdeel van de bak?
- 10 Waardoor daalt de concentratie suiker in het rechterdeel van de bak?
- 11 Verwacht je dat aan beide zijden van het selectief-permeabele membraan de concentratie gelijk wordt? Leg je antwoord uit.



## opdracht 27

**Beantwoord de volgende vragen.**

Gebruik hierbij afbeelding 52.

- 1 Omgekeerde osmose is gebaseerd op een soort dun vlies, met extreem kleine poriën (0,1 nm). Alleen de watermoleculen gaan door dit vlies, de rest blijft als afval achter.  
Hoe wordt een vlies genoemd waar bepaalde moleculen wel doorheen gaan en andere niet?
- 2 Bij omgekeerde osmose wordt het vuile water met een pomp onder druk langs het vlies gepompt. Hierdoor worden de watermoleculen door het vlies gedrukt. Moet de druk die de pomp opwekt groter of kleiner zijn dan de osmotische waarde van het vuile water, of hieraan gelijk? Leg je antwoord uit.
- 3 In Perth in Australië is een nieuwe fabriek gebouwd om met behulp van omgekeerde osmose uit zeewater drinkwater te maken (zie afbeelding 53). Vlak bij de fabriek is een park met windmolens gebouwd. Leg uit dat voor het maken van drinkwater uit zeewater met behulp van omgekeerde osmose veel energie nodig is.

► Afb. 53

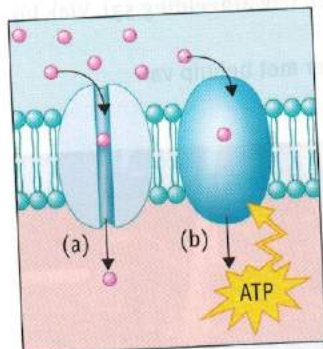




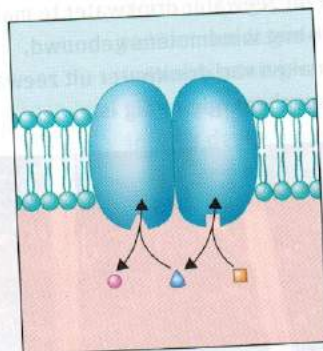
# 7 Membranen en het transport van stoffen

Eiwitten in membranen hebben verschillende functies (zie afbeelding 54). Naast eiwitten die zorgen voor het transport van stoffen zijn er ook eiwitten die als enzym functioneren, als receptor voor signaalstoffen en om andere cellen te herkennen. Wanneer een bepaald eiwit ontbreekt of niet goed functioneert, kan dit ernstige ziekten tot gevolg hebben.

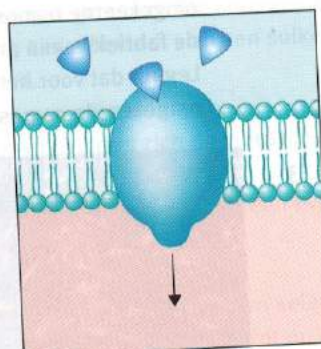
▼ Afb. 54 Enkele functies van membraaneiwwitten.



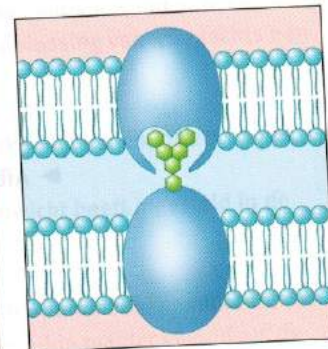
1 Transport: Sommige membraaneiwwitten hebben een functie bij het transporteren van stoffen. Soms is hierbij energie nodig in de vorm van ATP.



2 Enzymen: Sommige membraaneiwwitten werken als enzym.



3 Receptor: Sommige membraaneiwwitten geven signalen door. Aan de buitenkant van het membraan bindt een stof aan het membraaneiwit. Hierdoor kan het eiwit van vorm veranderen waardoor in de cel een reactie op gang komt.



4 Celherkenning: Sommige membraaneiwwitten, meestal met een koolhydraatketen, dienen als herkenning voor andere cellen.

## TAAISLIJMZIEKTE

CF is de afkorting voor cystische fibrose. Dit is een erfelijke ziekte die in Nederland ook bekend is onder de naam taaislijmziekte. Je lichaam produceert op veel plaatsen slijm. Bij taaislijmziekte is dit slijm veel taaier, dikker, dan normaal. Daardoor functioneert het slijm niet goed.

In de longen zorgt het slijm voor het wegvangen van bacteriën en stofdeeltjes. Trilharen vervoeren het slijm naar de keelholte waar je het inslikt. Bij mensen met CF kunnen de trilhaartjes het slijm niet goed naar de keelholte vervoeren, waardoor ze vaak last hebben van ontstekingen aan de luchtwegen.

CF is het gevolg van een afwijkend gen voor een transportenzym in membranen. Dit transportenzym zorgt voor het transport van ionen door het celmembraan. Door de genafwijking functioneert dit transportenzym niet goed, waardoor slijm bij mensen met CF taaier is dan bij andere mensen.  
(Meer informatie over CF is te vinden op de internetsite van de NCFS: [www.ncsf.nl](http://www.ncsf.nl).)

Mensen met CF hebben vaak last van bepaalde typen bacteriën. Om elkaar niet met deze bacteriën te besmetten, adviseert het NCFS om geen bijeenkomsten te houden waar mensen met CF bij elkaar komen. Ondanks dit advies besloot een aantal jongeren in 2005 de CF Beachdance te organiseren. Uiteraard tracht men het risico op kruisbesmetting zoveel mogelijk te voorkomen. Meestal wordt het feest afgesloten met het nummer '65 Roses' van de Australische band Wolverines.

▼ Afb. 55

CFBD  
cure cystic fibrosis - breathe easy

8<sup>th</sup> edition CF Beachdance

zaterdag 30 juni 2012  
Woodstock 69 - Bloemendaal aan Zee

CF Beachdance is een bijzonder feest voor mensen met Cystic fibrosis/Taaislijmziekte

Powered by RICOH

CF BEACHDANCE IS OOK EEN PUURERFEEST MET INTERNATIONAAL BEZOEK. [WWW.CFBEACHDANCE.NL](http://WWW.CFBEACHDANCE.NL)

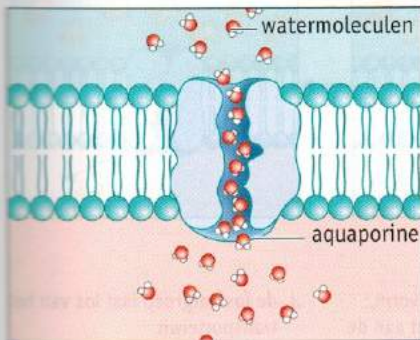


## opdracht 28

## Beantwoord de volgende vragen over de context 'Taaismijziekte'.

- 1 Zoek op internet de tekst op van het lied '65 Roses'.  
Wat hebben 65 rozen met taaismijziekte te maken?
- 2 Tot welke groep stoffen hoort het transportenzym waarvan het gen beschadigd is bij CF?
- 3 Cellen die slijm produceren, geven ionen af aan het slijm.  
Wat gebeurt hierdoor met de osmotische waarde van het slijm?
- 4 Wat vind jij ervan dat jongeren met CF toch met elkaar naar een feest gaan, hoewel het afgeraden wordt bijeenkomsten te houden?

## ▼ Afb. 56 Waterkanaaltje (aquaporine).



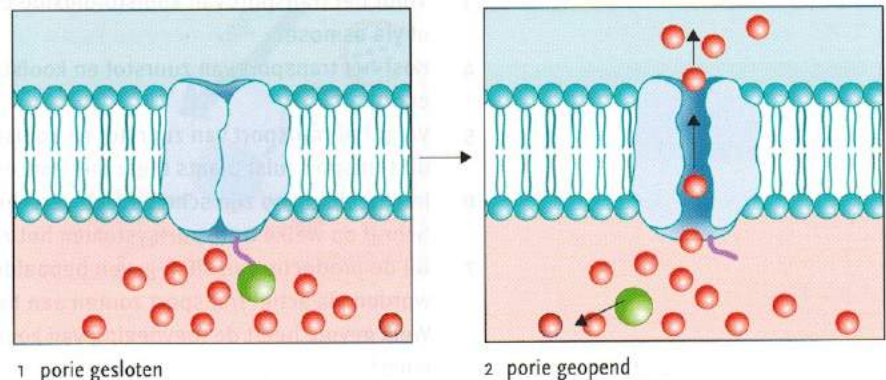
## EXTERN EN INTERN MILIEU

Het **externe milieu** is de omgeving van een organisme. Het **interne milieu** is het inwendige van een organisme. Tussen het externe milieu en het interne milieu bevindt zich ten minste één celmembraan. Stoffen in je darmen bevinden zich in het externe milieu. Bij het opnemen van stoffen vanuit je dunne darm passeren moleculen van deze stoffen een celmembraan. Dan maken ze deel uit van het interne milieu. Bij meercellige organismen bevindt zich tussen de cellen **weefselvloeistof**. De weefselvloeistof hoort bij het interne milieu van een organisme. Ook het bloedplasma hoort bij het interne milieu.

## PASSIEF TRANSPORT

Cellen nemen stoffen op uit hun milieu en geven stoffen af aan hun milieu. Hierbij passeren moleculen van deze stoffen een celmembraan. Het verplaatsen van moleculen van de ene plaats naar een andere plaats heet transport. Transport kun je indelen in passief transport en actief transport. Voor **passief transport** is geen energie nodig. Passief transport verloopt altijd van een hoge naar een lage concentratie. Diffusie en osmose zijn voorbeelden van passief transport. Een membraan van fosfolipiden is vrijwel ondoordringbaar voor water. Een speciaal membraanewit, dat waterkanaaltje of aquaporine heet, regelt de doorlaatbaarheid van membranen voor water (zie afbeelding 56). Hoe meer waterkanaaltjes een cel bevat, hoe sneller osmose kan plaatsvinden. Ook voor andere stoffen zoals veel verschillende ionen bestaan speciale eiwitten in het membraan. Dit soort membraanewitten wordt **porie-eiwitten** genoemd. Het transport via porie-eiwitten gaat altijd van een hoge naar een lage concentratie. Een cel kan een kanaaltje sluiten of openen (zie afbeelding 57).

## ► Afb. 57 Een cel kan de doorlaatbaarheid van een porie-eiwit regelen.



1 porie gesloten

2 porie geopend

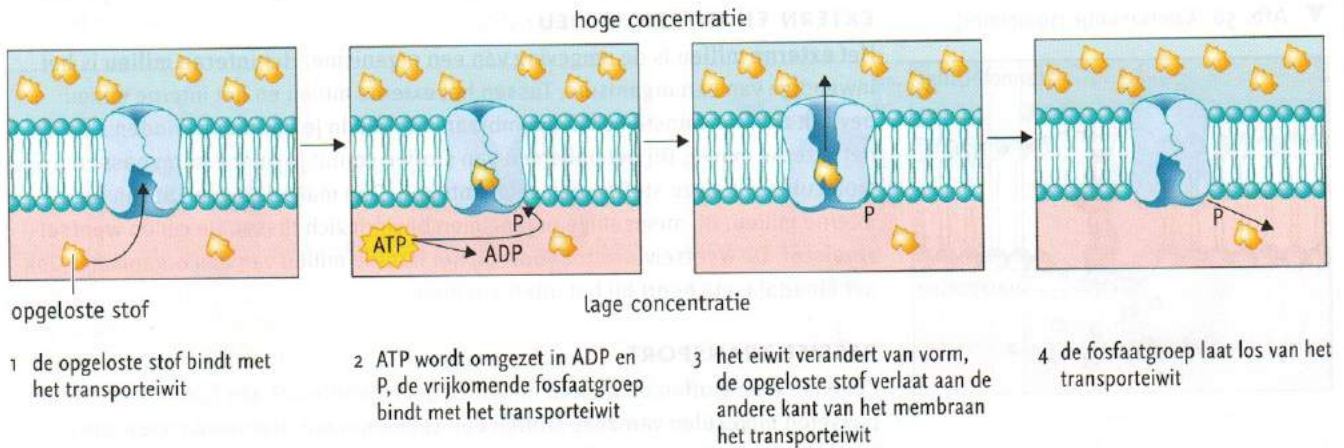


**ACTIEF TRANSPORT**

Tot dusver ging het transport steeds met het concentratieverval mee. In slijm is de concentratie zouten hoger dan in de cellen die het slijm produceren. Hierdoor gaat water uit het weefselvocht naar het slijm, dat daardoor vloeibaarder wordt. De zouten in het slijm komen ook uit de slijmproducerende cellen. Het transport van deze zouten gaat tegen het concentratieverschil in.

Voor transport tegen het concentratieverschil is energie nodig. De energie wordt geleverd door ATP-moleculen (zie afbeelding 58).

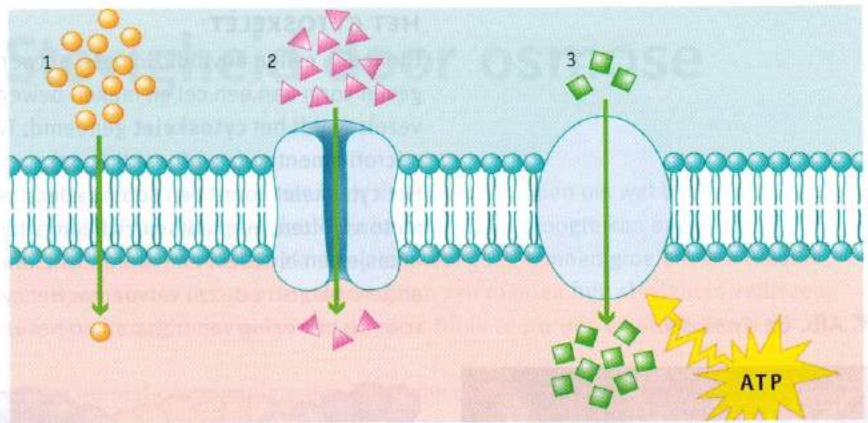
Wanneer transport plaatsvindt tegen de concentratiegradiënt in, is er energie nodig en spreken we van **actief transport**.

▼ **Afb. 58** Actief transport.**opdracht 29****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Bij patiënten met CF (taaislijmziekte) functioneert de alveesklieer vaak niet voldoende, waardoor de vertering van sommige stoffen minder goed verloopt dan bij gezonde mensen. Door tijdens maaltijden alveesklieer-enzymen te slikken verbetert de vertering. Werken de alveesklieer-enzymen in het interne of in het externe milieu? Leg je antwoord uit.
- 2 Bij een onderhuidse injectie komt de geïnjecteerde stof in de weefselvloeistof onder de huid. Behoort weefselvloeistof tot het interne of het externe milieu?
- 3 Vindt het transport van koolstofdioxide en zuurstof in de longen plaats via diffusie of via osmose?
- 4 Kost het transport van zuurstof en koolstofdioxide door een celmembraan heen energie?
- 5 Volgt het transport van zuurstof en koolstofdioxide het concentratieverval, of vindt dit transport juist plaats tegen het concentratieverval in?
- 6 In afbeelding 59 zijn schematisch verschillende transportsystemen getekend. Schrijf op welke transportsystemen het zijn.
- 7 Bij de productie van slijm geven bepaalde cellen eerst grote eiwitten af. Daarna worden via actief transport zouten aan het slijm toegevoegd. Welk gevolg heeft de toevoeging van zout voor de osmotische waarde van het slijm?
- 8 Leg uit dat door het zout het slijm minder dik wordt.
- 9 Bij CF is het gen beschadigd voor een transportenzym dat actief zouten transporteert. Hierdoor kunnen de cellen veel minder zouten afgeven aan het slijm. Leg uit dat bij patiënten met CF slijm dikker is dan normaal.



## ► Afb. 59 Transport via een membraan.

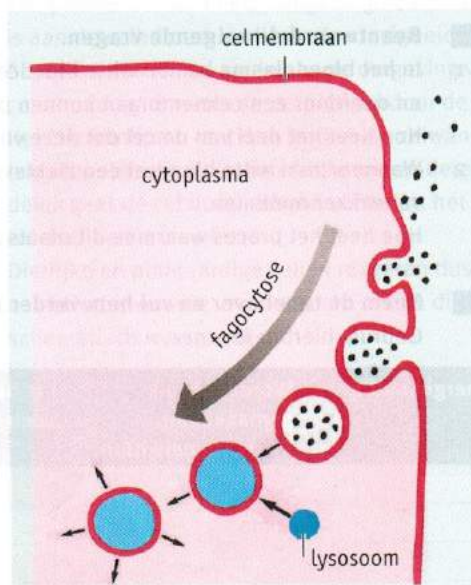
**TRANSPORT VIA BLAASJES**

In basisstof 5 heb je geleerd dat zich van het celmembraan blaasjes kunnen afsnoeren. Wanneer via zo'n blaasje voedsel wordt opgenomen, spreken we van **fagocytose** (zie afbeelding 60). Fagocytose is een actief proces. De voedselopname bij eencelligen zoals pantoffeldiertjes en amoeben (zie afbeelding 61) vindt op deze manier plaats.

In de cel versmelt het blaasje met een lysosoom, waarna enzymen uit het lysosoom de stoffen in het blaasje verteren. Via transportenzymen komen de verteringsproducten in het cytoplasma.

Op een soortgelijke manier kan een cel afvalstoffen en celproducten afgeven. In dat geval snoert zich bijvoorbeeld een blaasje af van het golgisysteem. De cel transporteert het blaasje naar het celmembraan, waarna het blaasje met het celmembraan versmelt en de stoffen buiten de cel terechtkomen.

## ► Afb. 60 Fagocytose.



► Afb. 61 Fagocytose bij een amoëbe (schematisch). Een amoëbe omgeeft een voedseldeeltje met schijnvoetjes (uitstulpingen van het cytoplasma).



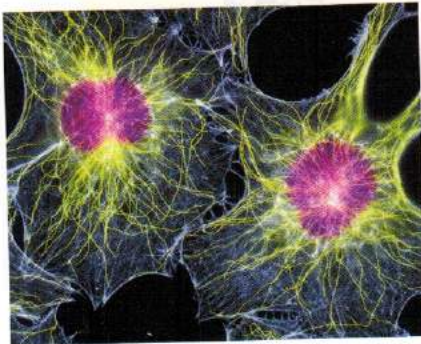


**HET CYTOSKELET**

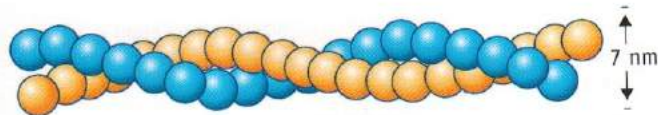
Binnen in cellen bevindt zich een netwerk van vezelige eiwitten. Deze vezels geven vorm aan een cel en maken beweging in de cel mogelijk. Dit netwerk van vezels wordt het **cytoskelet** genoemd. Twee van deze vezels zijn microtubuli en microfilamenten (zie afbeelding 62).

Het cytoskelet vormt een soort paden tussen celorganellen. Speciale eiwitten, motoreiwitten, verplaatsen zich langs het cytoskelet en transporteren daarbij blaasjes en eiwitten. Een motoreiwit kan bijvoorbeeld een lysosoom naar een andere plaats in de cel vervoeren. Het cytoskelet en motoreiwitten zorgen ook voor de beweging van trilharen en het vervormen van de cel zoals bij amoeben.

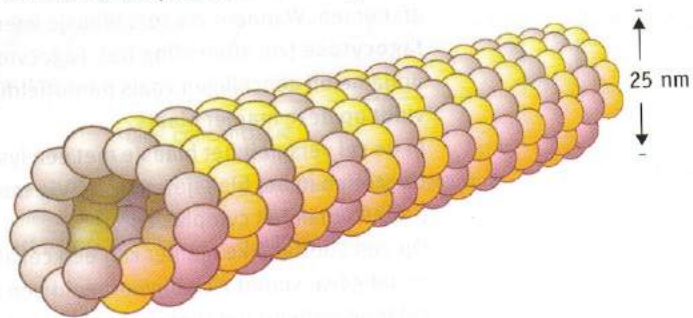
▼ Afb. 62 Cytoskelet.



1 met fluorescerende antistoffen zijn de microtubuli (geel) en microfilamenten (blauw) zichtbaar gemaakt



2 microfilament (schematische tekening)



3 microtubulus (schematische tekening)

**opdracht 30****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 In het bloedplasma komen witte bloedcellen voor die hun vorm kunnen veranderen en daardoor een celmembraan kunnen passeren.  
Hoe heet het deel van de cel dat deze vormverandering veroorzaakt?
- 2 Wanneer zo'n witte bloedcel een ziekteverwekker tegenkomt, kan hij de ziekteverwekker opnemen.  
Hoe heet het proces waarmee dit plaatsvindt?

**opdracht 31****Neem de tabel over en vul hem verder in.**

Gebruik hierbij: *ja* – *nee*.

Manier voor de opname van stoffen	Is er energie nodig?	Wordt gebruik-gemaakt van membraaneiwitten?	Is het specifiek voor een bepaalde stof?	Kan de opname worden gecontroleerd?
Diffusie				
Osmose		soms		
Diffusie door porie-eiwit				
Actief transport				
Blaasjes				



## 8

## Stevigheid door osmose

Planten kunnen niet even naar een rivier of meer lopen om wat te drinken. Ze zijn afhankelijk van het water dat in de bodem zit. Bij droogte kan er een tekort aan water ontstaan, waardoor planten niet meer goed kunnen groeien. Een tekort aan water kun je zien als de groene delen van planten hun stevigheid verliezen. Uiteindelijk beginnen delen van de plant bruin te worden en sterft de plant.

Onder normale omstandigheden bevinden cellen zich in een omgeving met voldoende water. De celwanden van planten zijn volledig permeabel, waardoor de osmotische waarde in de celwanden gelijk is aan die van het water in de ruimtes tussen de cellen. In de cellen is de osmotische waarde hoger.

Als cellen zonder celwand in een omgeving komen met een lagere osmotische waarde, zwellen ze op doordat water de cel in stroomt, waardoor ze uiteindelijk knappen. Dit gebeurt bijvoorbeeld als rode bloedcellen in zuiver water komen. Door de stevige celwand die om plantencellen ligt, gebeurt dit bij planten niet. Wel neemt de druk in de plantencel toe. Deze druk wordt **turgor** genoemd en zorgt ervoor dat plantencellen stevig zijn (zie afbeelding 63). Je kunt het vergelijken met een fietsband die je oppompt. De druk in de binnenband neemt toe, maar de band kan niet uitzetten. Daardoor is de band stevig.

Onder normale omstandigheden hebben plantencellen turgor. Door turgor zijn de weefsels van planten stevig. Plantencellen zijn dus als het ware 'opgepompt' met water.

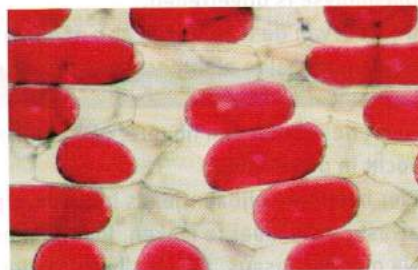
Een plantencel die in een omgeving komt met een osmotische waarde die gelijk is aan de celinhoud, verliest zijn stevigheid. De druk op de celwand verdwijnt. Als de osmotische waarde van de omgeving van de cel hoger is dan die van de celinhoud, gaat water de cel uit waardoor de osmotische waarde in de cel stijgt. Het celmembraan laat dan los van de celwand. Dit verschijnsel heet **plasmolyse** (zie afbeelding 64). De interactie met andere cellen neemt hierdoor af en uiteindelijk gaat de cel dood. Hierbij verdwijnt het bladgroen en krijgt het afgestorven weefsel een bruine kleur.

Dierlijke en plantaardige cellen reageren dus verschillend op veranderingen van de osmotische waarde van het vocht in hun directe omgeving. In afbeelding 65 is dit schematisch weergegeven.

▼ Afb. 63 Plantencel onder normale omstandigheden.

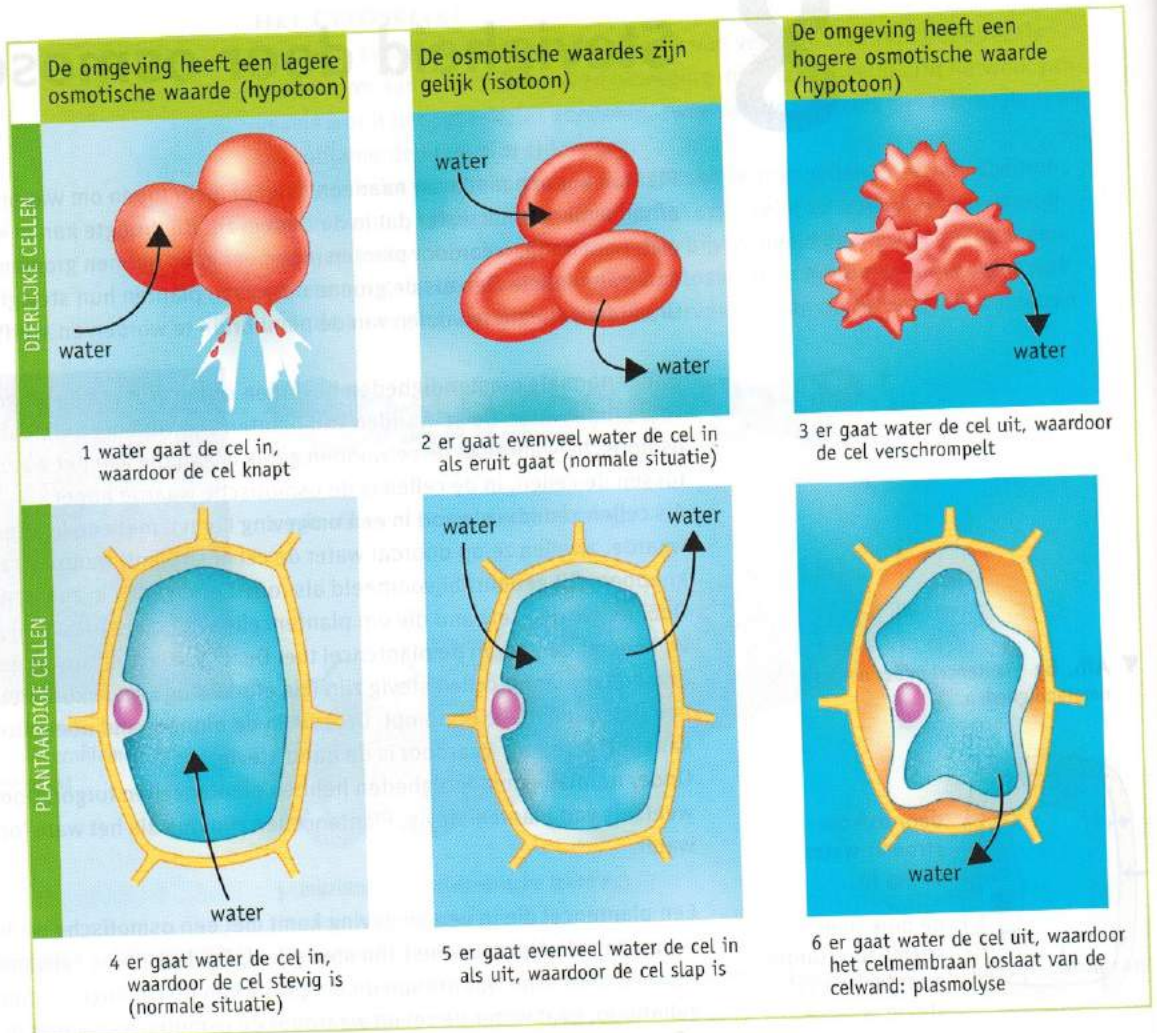


► Afb. 64 Cellen van een rode ui waarbij plasmolyse is opgetreden.





► Afb. 65



## opdracht 32

## Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 65.

- Welke van de tekeningen 1, 2 of 3 in afbeelding 65 geeft de situatie van dierlijke cellen weer als ze in gedestilleerd water komen?
- Bezit een plantencel die in plasmolyse verkeert turgor?
- We spreken van grensplasmolyse als er geen turgor meer is en er nog geen plasmolyse is opgetreden. Bij welk van de tekeningen 4, 5 of 6 in afbeelding 65 is dat het geval?
- Bij een bepaalde plantencel met turgor gaat per tijdseenheid evenveel water de cel in als uit. Heeft de cel dan een hogere, een gelijke of een lagere osmotische waarde dan het vocht in de celwand?
- Pier heeft een bijbaantje als hulpkok. Op zaterdagochtend vraagt de kok aan Pier alvast de sla klaar te maken. Pier doet erg zijn best. Hij snijdt alles en mengt de sla met de slasaus. Slasaus bevat onder andere zouten. Zodra de kok ziet wat Pier gedaan heeft, loopt hij rood aan en zegt: 'Wat heb je nu gedaan? De saus mag pas vlak voor je het opdient bij de sla worden gedaan.' Pier moet de klaargemaakte sla weggooien. Leg uit wat er met sla gebeurt als je er slasaus bij doet.



## opdracht 33

## PRACTICUM

## OSMOSE BIJ VERSCHILLENDE CONCENTRATIES

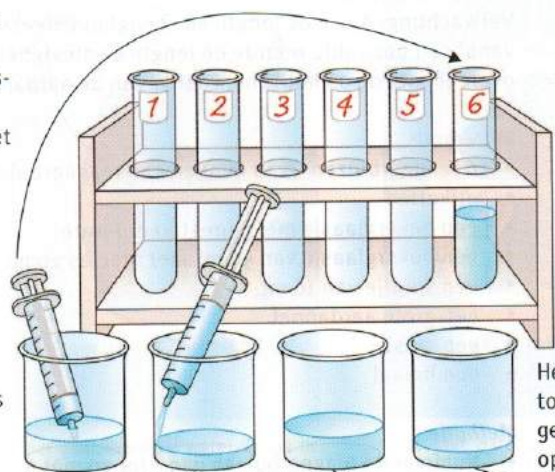
<b>Inleiding</b>	Aardappels bestaan uit levende cellen. Hoewel de schil verdamping tegengaat, drogen aardappels na verloop van tijd wel uit en worden ze slapper en kleiner. Als je frietjes van aardappels maakt en deze een poosje laat liggen, worden ze slap doordat ze water verliezen. De druk op de celwand neemt dan af waardoor ze ook een beetje kleiner worden. Wanneer de cel zoveel water verliest dat er plasmolyse optreedt, verandert de grootte van de cel niet meer.																																										
<b>Probleemstelling</b>	Kan de osmotische waarde van aardappelcellen worden bepaald aan de hand van de lengte en stevigheid van frietjes die in oplossingen met een oplopende osmotische waarde hebben gelegen?																																										
<b>Hypothese</b>	De osmotische waarde van aardappelstaafjes is te bepalen aan de hand van de lengte en stevigheid van frietjes die in oplossingen met een oplopende osmotische waarde hebben gelegen.																																										
<b>Experiment</b>	<p>Onderzoeksvraag: Kan aan de hand van de verandering in lengte en stevigheid van frietjes die in oplossingen met een oplopende osmotische waarde hebben gelegen, de osmotische waarde van aardappelcellen worden bepaald?</p> <p>Verwachting: Als je de lengte en stevigheid meet van frietjes bij verschillende osmotische waarden, zal vanaf een bepaalde waarde de lengte en stevigheid niet meer veranderen. Die osmotische waarde komt overeen met de osmotische waarde van de aardappelcellen.</p> <p><b>Materiaal:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 reageerbuizen (Ø 18 mm) en een reageerbuisrek</li> <li>• etiketten</li> <li>• een bekersglasje met gedestilleerd water</li> <li>• een bekersglasje van 50 mL met precies 20 mL keukenzoutoplossing (NaCl-oplossing) van 8%</li> <li>• een spuitje van 10 mL</li> <li>• een grote aardappel</li> <li>• een mes</li> <li>• een liniaal</li> </ul> <p><b>Methode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nummer de reageerbuizen van 1 tot en met 6.</li> <li>• Doe 10 mL gedestilleerd water in reageerbuis 1. De concentratie keukenzout in buis 1 is dus 0%.</li> <li>• De verschillende concentraties in buis 2 tot en met 6 krijg je door een verdunningsreeks te maken van 8% tot 0,5% keukenzoutoplossing (zie afbeelding 66). Begin met 20 mL van een keukenzoutoplossing van 8%. Gebruik voor het afmeten van de hoeveelheden het spuitje van 10 mL en maak dat na ieder gebruik goed schoon met gedestilleerd water.</li> <li>• Snijd uit de aardappel frietjes van precies 50 mm lang en ongeveer 7 mm breed en dik. Doe in iedere reageerbuis een frietje. Zorg dat in alle buizen het staafje aardappel helemaal in de vloeistof zit.</li> <li>• Laat de buizen een dag staan en haal dan de frietjes uit de buizen.</li> <li>• Meet de lengte van elk frietje in millimeter nauwkeurig.</li> </ul>																																										
<b>Resultaat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geef de resultaten weer in een tabel. Geef in de tabel de lengte aan het begin, de lengte aan het einde en de lengteverandering weer. Noteer ook bij ieder staafje of het stevig aanvoelt of niet.</li> </ul> <table border="1" data-bbox="391 1532 1474 1805"> <thead> <tr> <th>Buis</th> <th>Concentratie</th> <th>Lengte begin</th> <th>Lengte einde</th> <th>Lengte verandering</th> <th>Stevigheid</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0% NaCl</td> <td>50 mm</td> <td>... mm</td> <td>... mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maak van de gegevens over de lengteverandering een grafiek.</li> </ul>	Buis	Concentratie	Lengte begin	Lengte einde	Lengte verandering	Stevigheid	1	0% NaCl	50 mm	... mm	... mm		2						3						4						5						6					
Buis	Concentratie	Lengte begin	Lengte einde	Lengte verandering	Stevigheid																																						
1	0% NaCl	50 mm	... mm	... mm																																							
2																																											
3																																											
4																																											
5																																											
6																																											



<b>Conclusie</b>	<p>Maak een verslag van dit practicum.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ga in je verslag na of er veranderingen in lengte of stevigheid van de staafjes zijn opgetreden die je niet had verwacht. Is dat het geval, probeer hiervoor dan een verklaring te geven.</li> <li>Beschrijf in je verslag in welk traject van de grafiek de aardappelcellen turgor bezitten en in welk traject van de grafiek er sprake is van plasmolyse.</li> <li>Leid uit de grafiek af met welke NaCl-concentratie de osmotische waarde van een aardappelcel overeenkomt.</li> <li>Beantwoord de onderzoeksvraag.</li> </ul>
------------------	---

## ▼ Afb. 66

**BIOLOGISCHE TECHNIK****EEN VERDUNNINGSREEKS MAKEN**

<b>Doel</b>	Om de invloed van de concentratie tijdens een onderzoek te bepalen maakt men vaak een verdunningsreeks. De kans op meetfouten is klein doordat maar één keer een oplossing hoeft te worden gemaakt en met grotere hoeveelheden wordt gewerkt.
<b>Werkwijze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maak een dubbele hoeveelheid van de oplossing met de hoogste concentratie.</li> <li>Doe precies de helft van de oplossing in een schone reageerbuis.</li> <li>Vul de overgebleven helft aan met een precies even grote hoeveelheid water.</li> <li>Herhaal bovenstaande twee stappen tot de laagste concentratie is bereikt. Maak het materiaal tussentijds steeds goed schoon.</li> </ul>  <p>Haal met een spuitje precies 10 mL uit het bekersglas en doe dat in bekersglas 6.</p> <p>20 mL 8% NaCl oplossing</p> <p>Voeg 10 mL water toe en meng goed.</p> <p>De concentratie van de oplossing is nu gehalveerd.</p> <p>Herhaal deze stappen tot ook reageerbuis 2 gevuld is met 10 mL oplossing.</p> <p>Haal opnieuw 10 mL uit de oplossing en doe dat in reageerbuis 5.</p>
<b>Resultaat</b>	Een verdunningsreeks.

## opdracht 34

**PRACTICUM****PLASMOLYSE**

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je plasmolyse bij een rode ui bekijken.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>een rode ui</li> <li>een microscoop</li> <li>preparatiemateriaal</li> <li>kaliumnitraatoplossing (<math>\text{KNO}_3</math>) van 10% in een flesje met een druppelpipet</li> <li>gedestilleerd water</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maak een preparaat van het buitenste vliesje van een rode rok van de ui (zie opdracht 6).</li> <li>Bekijk het preparaat bij een vergroting van <math>100\times</math>. Zoek cellen waarvan de vacuolen rood zijn gekleurd.</li> <li>Breng aan de rand van het dekglas een druppel <math>\text{KNO}_3</math>-oplossing aan. Bekijk het preparaat bij een vergroting van <math>100\times</math>, terwijl je met filtreerpapier de <math>\text{KNO}_3</math>-oplossing onder het dekglas door zuigt. Wacht tot de cellen plasmolyse vertonen. Zuig eventueel een tweede druppel <math>\text{KNO}_3</math>-oplossing onder het dekglas door.</li> <li>Maak een tekening van drie aan elkaar grenzende, in plasmolyse verkerende cellen met de celwanden.</li> <li>Zuig nu op dezelfde manier gedestilleerd water onder het dekglas door. Kijk wat er met de cellen gebeurt.</li> </ul>



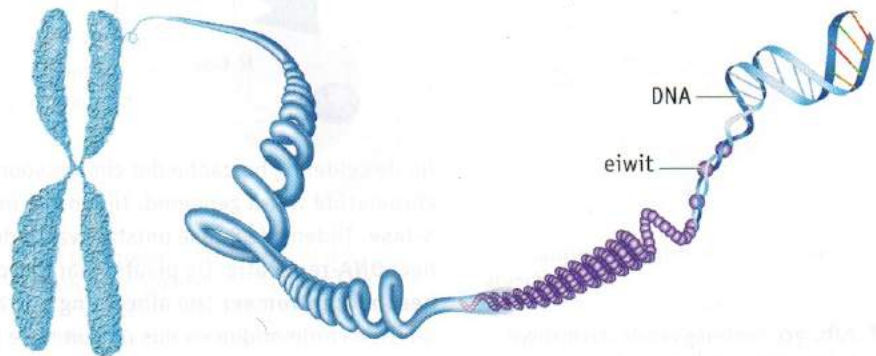
# 9 Celdeling

Cellen zijn biologische eenheden die zich kunnen reproduceren. Bij cellen spreken we van **celdeling**. De deling is eigenlijk maar een klein deel van alle processen waardoor de cel zich reproduceert. De cel die zich reproduceert (deelt), heet de **moedercel**. De cellen die ontstaan, heten **dochtercellen**. Na de reproductie is de moedercel verdwenen en zijn er twee dochtercellen.

Bij meercellige organismen, zoals planten en dieren, kan een van beide dochtercellen zich specialiseren en verliest daarbij vaak het vermogen om zich te delen. Uiteindelijk gaat deze cel dood.

In alle weefsels komen cellen voor die nog niet zijn gespecialiseerd tot het weefseltype waarin ze voorkomen. Deze cellen vormen nieuwe cellen voor de groei van het weefsel en de vervanging van dode cellen. Dit zijn de **stamcellen**. Stamcellen verliezen hun vermogen om te delen niet.

► Afb. 67 Een chromosoom (schematisch).

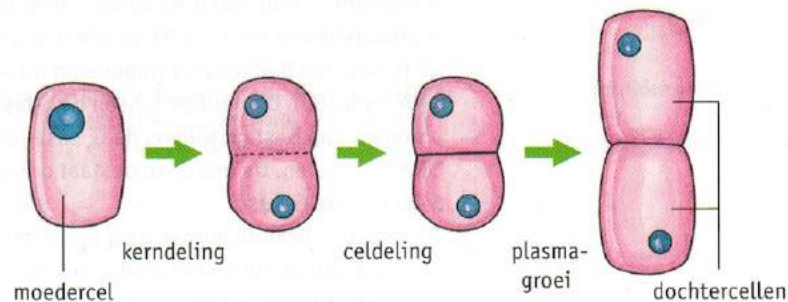


Je hebt geleerd dat het DNA in chromosomen de processen in een cel stuurt. Bij eukaryoten bevinden de chromosomen zich in de celkern. Een chromosoom bestaat uit eiwit en DNA (zie afbeelding 67). Chromosomen zijn ontzettend lang en dun. Bij een mens kunnen de chromosomen van één cel wel twee meter lang zijn. Aan het begin van een celdeling spiraliseren chromosomen zich, waarbij ze veel korter en dikker worden en te zien zijn met een lichtmicroscop. Na de celdeling despiraliseren de chromosomen zich en zijn ze niet meer zichtbaar met een lichtmicroscop.

## CEL CYCLUS

Een celdeling begint met de deling van de kern. De kerndeling heet **mitose**. Na de mitose snoert de cel tussen de kernen in en ontstaan twee nieuwe cellen. Na de deling vormen de cellen nieuw cytoplasma en neemt het aantal celorganellen ook toe. Dit heet **plasmagroei** (zie afbeelding 68).

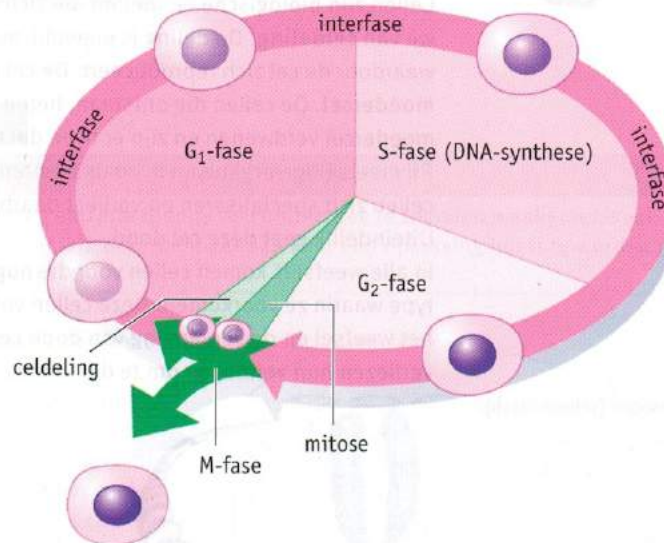
► Afb. 68 De vorming van nieuwe cellen (schematisch).





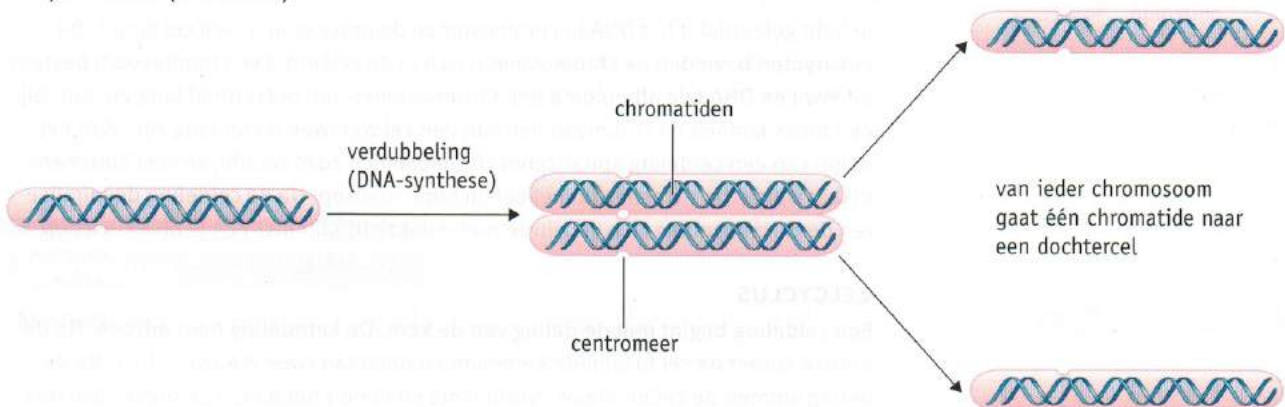
Afbeelding 69 geeft schematisch een celcyclus weer. Met de **M-fase** in de celcyclus is de periode van de celdeling aangegeven. Tijdens de M-fase zijn de chromosomen met een lichtmicroscop te zien. De periode tussen twee celdelingen heet de **interfase**. Tijdens de interfase zijn de chromosomen niet te zien met een lichtmicroscop.

► **Afb. 69** De celcyclus (schematisch).



Na de celdeling bestaat ieder chromosoom uit één DNA-molecuul met eiwitten, dat **chromatide** wordt genoemd. Tijdens de interfase vindt DNA-synthese plaats, de **S-fase**. Tijdens de S-fase ontstaat van ieder DNA-molecuul een exacte kopie. Dit heet **DNA-replicatie**. De plaats waar de kopieën nog aan elkaar vast blijven zitten, heet het **centromeer** (zie afbeelding 70). Na de S-fase bestaan de chromosomen uit twee chromatiden en dus ook uit twee DNA-moleculen.

▼ **Afb. 70** Verdeling van de chromatiden tijdens mitose (schematisch).



De periode van de interfase tussen de M-fase en de S-fase heet de **G<sub>1</sub>-fase**. De 'G' is afkomstig van het Engelse woord 'gap', dat opening of gat betekent. Tijdens de G<sub>1</sub>-fase bestaat ieder chromosoom uit één chromatide en bevat dus één DNA-molecuul. De periode tussen de S-fase en de M-fase heet de **G<sub>2</sub>-fase**. Ieder chromosoom bestaat tijdens de G<sub>2</sub>-fase uit twee chromatiden en bevat dus twee DNA-moleculen. De interfase bestaat dus achtereenvolgens uit de G<sub>1</sub>-fase, de S-fase en de G<sub>2</sub>-fase.

Tijdens de volgende mitose gaat van ieder chromosoom één chromatide naar de ene kant van de cel en het andere naar de andere kant van de cel. Hierdoor bevat iedere dochtercel hetzelfde aantal chromosomen als de moedercel.



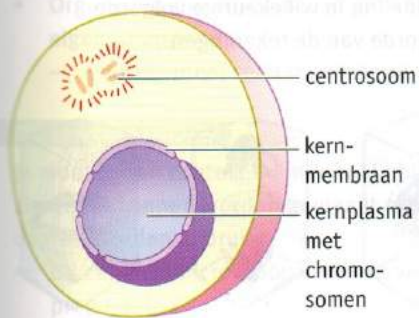
## MITOSE

De mitose kun je ook in fasen indelen. In afbeelding 71 is het verloop van de mitose en de celdeling schematisch weergegeven. Aan het begin van de mitose verdwijnt het kernmembran, terwijl vanuit twee kanten van de cel een soort draden ontstaan, die de **spoelfiguur** om de chromosomen vormen. Bij dierlijke cellen ontstaan de draden van de spoelfiguur vanuit centrosomen. Centrosomen spelen ook een rol bij de organisatie van het cytoskelet in een cel.

De beide chromatiden van ieder chromosoom bewegen van elkaar af naar tegenovergestelde plaatsen in de cel. Dan vormt zich om de chromatiden een nieuw kernmembran en zijn twee kernen ontstaan. Tot slot snoert de cel tussen beide kernen in en zijn twee cellen ontstaan.

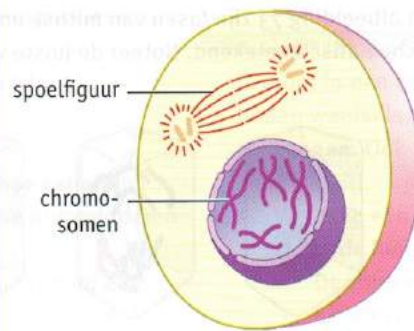
▼ Afb. 71 Mitose (schematisch).

## Interfase



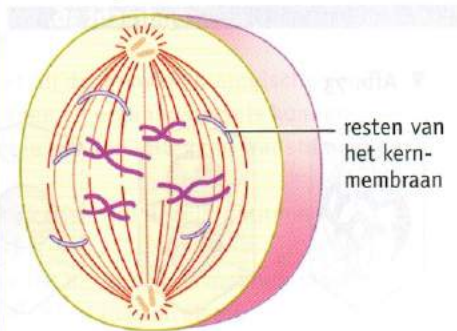
Tijdens de interfase zijn geen aparte chromosomen zichtbaar. Tijdens de interfase vindt verdubbeling van de chromosomen plaats.

## Mitose fase 1



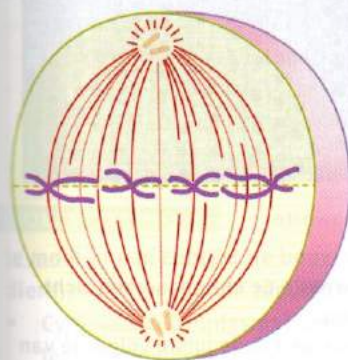
Het centrosoom is verdubbeld en ieder centrosoom beweegt zich naar een kant van de cel. In de celkern worden de chromosomen zichtbaar. Te zien is dat ieder chromosoom uit twee chromatiden bestaat.

## Mitose fase 2



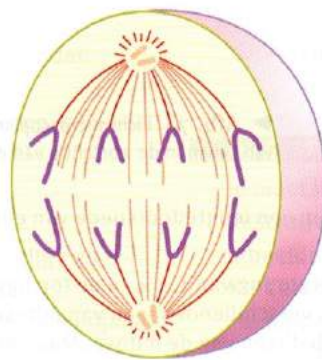
De centrosomen hebben een spoelfiguur gevormd. Het kernmembran verdwijnt.

## Mitose fase 3



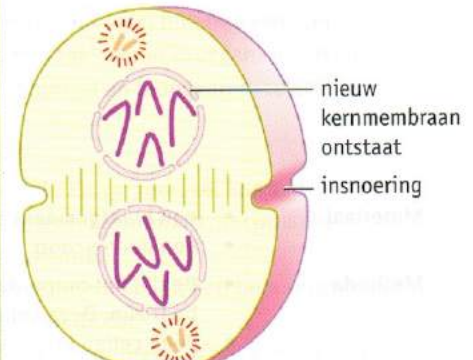
De chromosomen bevinden zich in een vlak tussen beide centrosomen. De draden van de spoelfiguur hechten zich aan de centromeren van de chromosomen.

## Mitose fase 4



De chromatiden worden van elkaar getrokken. Van ieder chromosoom wordt één chromatide naar een kant van de cel getrokken.

## Mitose fase 5

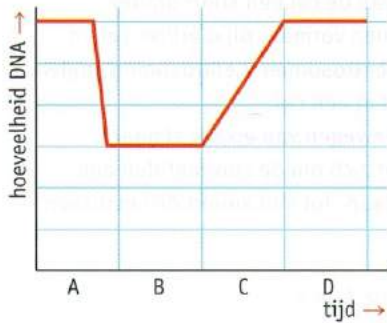


Om de chromatiden ontstaat een nieuwe kernmembran. De cel snoert zich tussen beide kernen in.



## opdracht 35

## ▼ Afb. 72



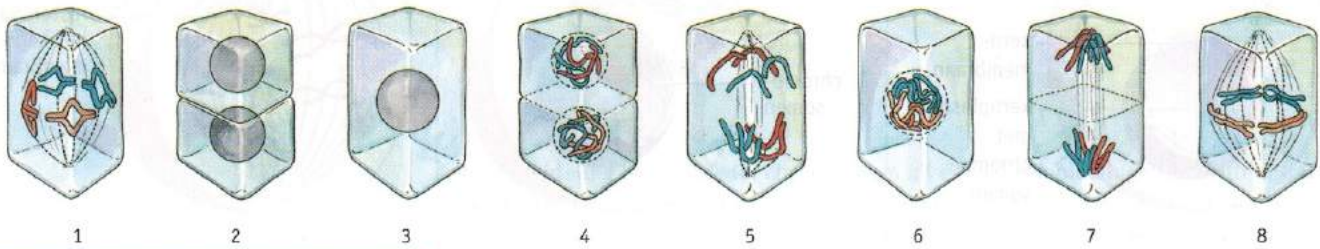
## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Vanwege welke eigenschap noemt men bepaalde cellen in weefsels stamcellen?
- 2 In welke fase van de celcyclus vindt plasmagroei plaats?
- 3 Welke fasen in de celcyclus vormen samen de interfase?
- 4 Cellen van de mens bevatten 46 chromosomen.  
Hoeveel chromatiden bevat een menselijke cel tijdens de  $G_2$ -fase?
- 5 Tijdens een onderzoek is gedurende een bepaalde periode de hoeveelheid DNA in een cel gemeten. Het resultaat van dit onderzoek is in afbeelding 72 weergegeven. In het diagram zijn vier perioden aangegeven. Neem de letters over en schrijf achter iedere letter met welke fase van de celcyclus deze periode overeenkomt.
- 6 Bevatten de dochtercellen die bij mitose en celdeling ontstaan evenveel chromosomen als de moedercel, of de helft van het aantal chromosomen van de moedercel?

## opdracht 36

In afbeelding 73 zijn fasen van mitose en celdeling in willekeurige volgorde schematisch getekend. Noteer de juiste volgorde van de tekeningen.

## ▼ Afb. 73



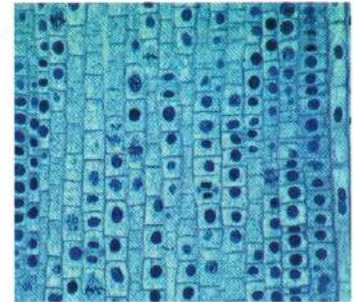
## opdracht 37

## PRACTICUM

## MITOSE

## Inleiding

In worteltoppen van planten vinden voortdurend celdelingen plaats. Bij een uienwortel is dit goed te zien (zie afbeelding 74). In deze opdracht ga je cellen in een worteltop van een ui bekijken.



► Afb. 74 Lichtmicroscopische foto van cellen in de worteltop van een ui.

## Materiaal

- een klaargemaakt preparaat van een lengtedoorsnede van een jonge uienwortel
- een microscoop

## Methode

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van  $100\times$ . In de top liggen cellen waarin de chromosomen zichtbaar zijn. Deze cellen vertonen verschillende fasen van mitose en celdeling.
- Zoek cellen in vier verschillende fasen van de mitose. Maak hiervan tekeningen in de juiste volgorde van de mitose. Gebruik bij het tekenen een vergroting van  $400\times$ .

**Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.**

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.
- Na de diagnostische toets kun je de eindopdracht en een of meer verrijkingstoffen maken.



# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context een cel kunnen beschrijven als zelfstandig functionerende biologische eenheid.

- Een cel is van zijn milieu gescheiden door het celmembraan.
  - Via het celmembraan worden de opname en afgifte van veel stoffen geregeld.
  - Chemische processen houden de cellen in stand.
- Cytoplasma is de inhoud van de cel.
  - In het cytoplasma bevinden zich organellen.
- Organellen zijn structuren in een cel met specifieke eigenschappen.
  - Voorbeelden: celkern, bladgroenkorrels.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen toelichten hoe cellen zichtbaar kunnen worden gemaakt en welke hulpmiddelen daarbij worden gebruikt.

- Bij een lichtmicroscop valt licht van onder door een preparaat.
  - Een preparaat bestaat uit een voorwerp glas en een dekglas met daartussen het object dat je wilt bekijken.
  - Een lichtmicroscop kan tot ongeveer 2000 keer vergroten.
  - De vergroting van een lichtmicroscop reken je uit door de vergroting van het oculair te vermenigvuldigen met de vergroting van het objectief.
- Voor sterke vergrotingen gebruikt men een elektronenmicroscop.
  - Elektronenmicroscopen kunnen tot meer dan 100 000 keer vergroten.
  - Het beeld van een elektronenmicroscop is op een beeldscherm te zien.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de bouw van plantaardige en dierlijke cellen kunnen toelichten.

- Cytoplasma (celplasma): bestaat uit water met organellen en opgeloste stoffen.
  - Het celmembraan is de scheiding tussen het cytoplasma en de omgeving van de cel.
- Kern: hierin bevinden zich de chromosomen.
  - Kernmembraan: de buitenste laag van het kernplasma.
- Vacuole(n): blaasje(s) in het cytoplasma, gevuld met vacuolevocht.

- In het vacuolevocht kunnen kleurstoffen zijn opgelost.
- Een vacuole is omgeven door een vacuolemembraan.
- Plastiden: een groep organellen bij planten:
  - chloroplasten (bladgroenkorrels);
  - chromoplasten (kleurstofkorrels);
  - leukoplasten (kleurloos), o.a. de zetmeelkorrels.
- Celwand: een stevig laagje om de cel heen.
  - Een celwand behoort niet tot de cel, maar is tussencelstof.
  - Intercellulaire ruimten: holten tussen celwanden.
- Dierlijke cellen bezitten geen grote centrale vacuole, geen plastiden en om dierlijke cellen heen ligt geen celwand.

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context bij de mens de biologische eenheden weefsels, organen en organenstelsels kunnen herkennen. Ook moet je kunnen uitleggen wat stamcellen zijn.

- Weefsel: een groep cellen met dezelfde vorm en dezelfde functie(s).
  - De vorm van cellen hangt samen met hun functie.
  - Bij veel weefsels komt tussencelstof voor.
- Veel weefsels bestaan uit gespecialiseerde cellen.
  - Stamcellen zijn niet gespecialiseerd en kunnen uitgroeien tot een specifiek celtype.
  - Embryonale stamcellen kunnen tot ieder type cel uitgroeien.
  - Adulte stamcellen kunnen uitgroeien tot cellen van het weefsel waarin ze zich bevinden.
- Een orgaan is een deel van een organisme met een of meer functies.
  - Een orgaan bestaat uit verschillende weefsels.
  - Organen werken vaak samen in organenstelsels (bijv. verteringsstelsel en bloedvatstelsel).

## DOELSTELLING 5

Je moet in een context delen van een cel kunnen beschrijven en ze in een elektronenmicroscopische afbeelding kunnen herkennen.

- Celkern met chromosomen: speelt een belangrijke rol bij de zelfregulatie van de cel.
  - Kernporiën: kleine openingen in het kernmembraan, waardoor stoffen in en uit de kern kunnen.
- Endoplasmatisch reticulum: netwerk van dubbele membranen.
  - Functie: transport van stoffen.
- Ribosomen: bolvormige organellen op het endoplasmatisch reticulum of in het cytoplasma.
  - Functie: vorming van eiwitten aan de hand van de informatie van boodschappermoleculen uit de kern.



- **Golgisysteem:** opeenstapeling van platte blaasjes, elk omgeven door een membraan.
  - Functie: eiwitten hun uiteindelijke vorm geven, vorming van blaasjes die eiwitten (enzymen) bevatten.
- **Lysosomen:** blaasjes die door het golgisysteem worden gevormd en verteringsenzymen bevatten.
- **Mitochondriën:** bolvormige organellen met een dubbele membraan, waarvan het binnenste membraan sterk is geplooid.
  - Functie: energie vrijmaken met behulp van zuurstof.
- **Chloroplasten (bladgroenkorrels):** hebben net als mitochondriën een dubbele membraan.
  - Functie: fotosynthese laten plaatsvinden.
- **De endosymbiosetheorie** geeft een verklaring voor het ontstaan van organellen.
  - Door instulpingen van het celmembraan ontstond de celkern. Hierdoor ontstonden eukaryote eencelligen.
  - Bepaalde vrij levende bacteriën werden ingesloten en ontwikkelden zich tot mitochondriën.
  - Bepaalde vrij levende cyanobacteriën werden ingesloten en ontwikkelden zich tot chloroplasten.
- **Celmembraan:** twee lagen fosfolipiden (vetachtige stoffen), waarin eiwitten liggen ingebed. Sommige fosfolipiden en eiwitten bezitten koolhydraatketens.
  - Functies: transport van stoffen, bescherming en regeling van de samenstelling van het cytoplasma.
  - Celmembranen zijn selectief permeabel.
- **Diffusie:** verplaatsing van een stof van een plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie van die stof (zowel in vloeistoffen als in gassen).
  - Diffusie wordt veroorzaakt door beweging van moleculen.
  - De snelheid van de diffusie is onder andere afhankelijk van de temperatuur.
- **Osmose:** diffusie van water door een selectief-permeabel membraan.
  - Een selectief-permeabel membraan laat wel water door, maar niet de opgeloste stof.
  - Bij osmose gaat water van een plaats met een lage osmotische waarde naar een plaats met een hoge osmotische waarde.
  - De osmotische waarde van een oplossing is afhankelijk van het aantal opgeloste deeltjes.

### DOELSTELLING 8

Je moet transportmechanismen in cellen kunnen beschrijven en in een context kunnen toelichten hoe interactie op celniveau plaatsvindt door stoffentransport via (cel)membranen.

- **Interne milieu:** de weefselvloeistof inclusief het bloedplasma van een organisme.
  - Het interne milieu is door ten minste één cellaag van het externe milieu gescheiden.
  - De meeste diersoorten houden hun interne milieu constant.
- **Het celmembraan vormt de scheiding** tussen de celinhoud en zijn milieu.
  - Het celmembraan regelt het transport van de meeste stoffen in en uit de cel.
  - Het celmembraan is selectief permeabel.
- **Transport van zuurstof, koolstofdioxide en in vet oplosbare stoffen** vindt plaats door diffusie.
  - Het transport van deze stoffen is afhankelijk van het concentratieverschil.
- **Passief transport:** transport van stoffen door een membraan waarbij geen energie nodig is.
  - Passief transport verloopt altijd met de concentratiegradiënt mee.
  - Vormen van passief transport zijn: diffusie, osmose en transport via bepaalde transporteiwitten.
- **Transport van water** vindt plaats door osmose.
  - Bepaalde porie-eiwitten (waterkanaaltjes of aquaporines) in celmembranen kunnen de snelheid van de osmose vergroten.
- **Actief transport:** transport van stoffen door een membraan waar energie voor nodig is.

### DOELSTELLING 6

Je moet de verschillen tussen cellen van bacteriën, planten en dieren kunnen noemen.

- In cellen van planten komen plastiden en grote vacuolen voor.
  - Om elke plantaardige cel zit een celwand.
- Dierlijke cellen hebben geen celwanden en geen plastiden.
  - In dierlijke cellen zijn de vacuolen klein of afwezig.
- Prokaryoten hebben vrijwel geen organellen.
  - Er is ook geen kern en kernmembraan: DNA ligt in het cytoplasma.

### DOELSTELLING 7

Je moet in een context de begrippen concentratie, diffusie en osmose kunnen toepassen.

- **Concentratie** geeft de hoeveelheid van een stof in bijvoorbeeld een oplossing aan.
  - De hoeveelheid opgeloste stof kan worden aangegeven in gram per volume ( $g \times L^{-1}$ ) of in procenten (%). Lage concentraties geeft men vaak weer met ppm.



- Actief transport verloopt tegen de concentratiegra-  
diënt in.
- Actief transport kost energie.
- Fagocytose: het opnemen van voedingsstoffen via  
blaasjes.
- Cytoskelet: een netwerk van vezelige eiwitten.
  - Het cytoskelet geeft vorm aan cellen.
  - Langs het cytoskelet kunnen stoffen en organellen  
worden vervoerd.

### DOELSTELLING 9

Je moet in een context de rol die osmose speelt bij de  
stevigheid van planten kunnen toelichten.

- Celwanden zijn permeabel.
  - De concentratie van stoffen in een celwand is gelijk  
aan de concentratie van deze stoffen in de vloeistof  
buiten de cel.
- Onder normale omstandigheden is de osmotische  
waarde van het cytoplasma hoger dan die van het vocht  
in de celwanden.
  - Turgor: de druk van de cel op de celwand. Door het  
verschil in osmotische waarde is de druk in de cel  
groter dan de druk buiten de cel, waardoor de cel  
stevig is.
  - Door turgor zijn weefsels van planten stevig.
- Als het vocht in de celwanden een hogere osmotische  
waarde heeft dan het cytoplasma treedt plasmolyse op.
  - Door osmose stroomt water de cel uit. De turgor  
daalt en de osmotische waarde stijgt.
  - Plasmolyse: de cel krimpt zover dat het celmem-  
braan loslaat van de celwand.

### DOELSTELLING 10

Je moet de gebeurtenissen tijdens de celcyclus kunnen  
beschrijven en in contexten kunnen toepassen.

- Bij celdeling (reproductie) ontstaan uit één moedercel  
twee dochtercellen.
  - De dochtercellen groeien door plasmagroei.
- Voorafgaande aan een celdeling vindt DNA-synthese  
plaats.
  - Van ieder DNA-molecuul wordt een kopie gemaakt.
- Een chromosoom bestaat uit één of twee  
DNA-moleculen met eiwitten.
  - Vlak voor een celdeling spiraliseert het DNA zich.
  - De plaats waar de moleculen nog aan elkaar zitten,  
heet het centromeer.
- De celcyclus bestaat uit de interfase en de mitose.
  - De interfase bestaat uit  $G_1$ -fase, S-fase en  $G_2$ -fase.
  - Tijdens de interfase zijn geen chromosomen  
zichtbaar.
- $G_1$ -fase: periode tussen mitose en DNA-synthese.
  - In deze fase vindt plasmagroei plaats.

- S-fase: periode waarin DNA-synthese (DNA-replicatie)  
plaatsvindt.
- $G_2$ -fase: periode tussen S-fase en de mitose.
- M-fase: periode van mitose en celdeling.
  - De M-fase begint met het zichtbaar worden van  
chromosomen. Elk chromosoom bestaat op dat  
moment uit twee chromatiden.
  - De centrosomen vormen een spoelfiguur en het  
kernmembraan verdwijnt.
  - De chromosomen komen in een vlak tussen de  
centrosomen te liggen.
  - De draden van de spoelfiguur trekken de chromati-  
den van elk chromosoom uit elkaar. Van elk chromo-  
soom gaat één chromatide naar een pool.
  - Er ontstaan twee celkernen.
  - Tussen de nieuwe celkernen snoert de cel in,  
waardoor twee dochtercellen ontstaan.
  - Er ontstaan celmembranen, waarbij het cytoplasma  
wordt verdeeld over de dochtercellen.
- Door mitose bevatten de dochtercellen dezelfde  
erfelijke informatie als de moedercel.

### COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd een microscopische foto te herkennen en aan te  
geven met welk type microscoop de foto is gemaakt;
- geleerd organellen te herkennen in foto's en tekeningen  
van cellen;
- geoefend in het vorm-functie-denken op het niveau van  
cellen en weefsels;
- geoefend in het werken met informatiebronnen;
- geoefend in evolutionair denken bij het ontstaan van  
eukaryote cellen.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen  
vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd een lichtmicroscoop in te stellen en er prepara-  
ten mee te bekijken;
- geleerd tekeningen te maken;
- geleerd een preparaat te maken en te kleuren;
- geoefend met het maken van een verdunningsreeks;
- geoefend in het toepassen van de fasen van natuur-  
wetenschappelijk onderzoek;
- geoefend in het maken van een verslag;
- geoefend in het opzoeken van informatie op internet.



# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

### ▼ Afb. 75

## Antibiotica

Bij een infectieziekte die door een bacterie wordt veroorzaakt, kan een arts een antibioticum voorschrijven. Er zijn verschillende soorten antibiotica die ieder op een eigen manier bacteriën onschadelijk maken. Bepaalde antibiotica, zoals penicilline, veroorzaken beschadigingen van het celmembraan, terwijl andere antibiotica bepaalde chemische processen in het cytoplasma van de bacterie verstoren. Welk antibioticum wordt voorgeschreven, hangt samen met de soort bacterie die de infectie veroorzaakt. Als niet duidelijk is welk antibioticum werkt, kan dit in een microbiologisch laboratorium worden getest.



Eerst smeert een laborant een kweek van de bacterie uit op een petrischaal. In de schaal worden kleine papiertjes met verschillende antibiotica gelegd. Als het antibioticum de bacterie doodt, groeien rond dat rondje geen bacteriën (zie de afbeelding).

**Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.**

Gebruik hierbij afbeelding 75.

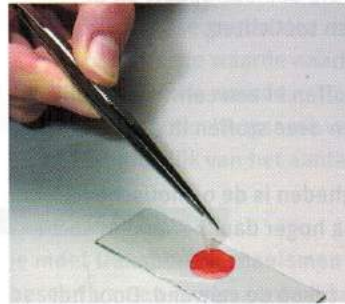
- 1 Bacteriën die gevoelig zijn voor penicilline kunnen door de penicilline niet meer als zelfstandige biologische eenheid functioneren, doordat ze niet meer in staat zijn het cytoplasma gescheiden te houden van hun milieu.
- 2 Het celmembraan speelt een belangrijke rol bij het laten plaatsvinden van chemische processen.
- 3 Bepaalde antibiotica verstoren chemische processen, waardoor bacteriën die gevoelig zijn voor dit antibioticum zichzelf niet meer in stand kunnen houden.
- 4 In het cytoplasma van bacteriën komen veel organellen voor.
- 5 De celkern is een organel.

## DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen.

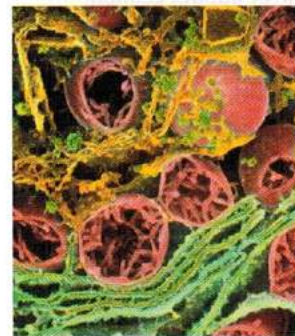
- 1 Afbeelding 76 is een foto van een leerling die een preparaat maakt. Houdt de leerling met de pincet een dekglas, een object of een voorwerpglas vast?
  - A Een dekglas.
  - B Een object.
  - C Een voorwerpglas.

### ▼ Afb. 76 Een preparaat maken.

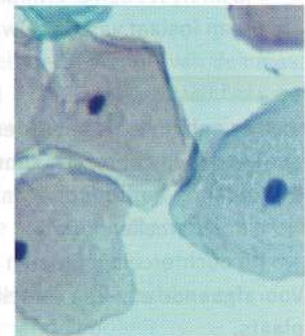


- 2 Een leerling bekijkt een object door een microscoop. Op het oculair staat  $16\times$  en op het objectief  $4\times$ . Welke vergroting gebruikt de leerling?
  - A  $4\times$ .
  - B  $16\times$ .
  - C  $64\times$ .

### ▼ Afb. 77



1



2



3



- 3 In afbeelding 77 zie je drie foto's die met een microscoop zijn gemaakt. Welke foto's zijn met een elektronenmicroscoop gemaakt?
- A Afbeelding 1 en afbeelding 2.
  - B Afbeelding 1 en afbeelding 3.
  - C Afbeelding 2 en afbeelding 3.
- 4 Welke van de genummerde delen kunnen wel bij cellen van planten voorkomen maar niet bij cellen van dieren?
- A Alleen de delen 4 en 6.
  - B De delen 1, 3 en 6.
  - C De delen 1, 4 en 6.
  - D De delen 2, 4, en 7.

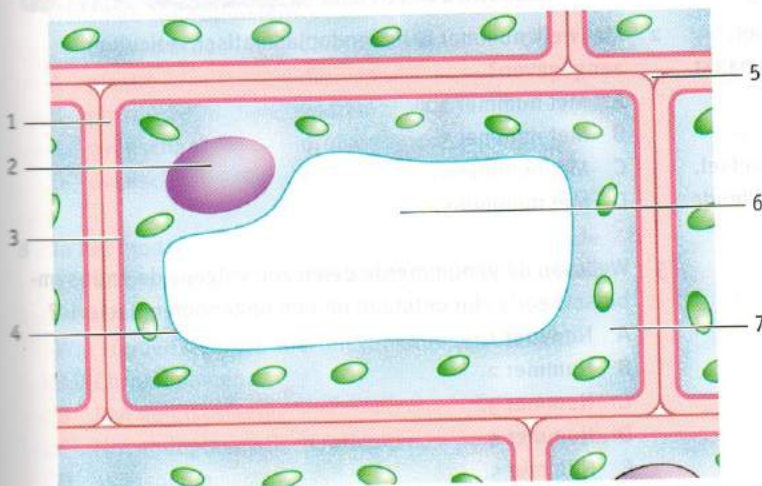
**DOELSTELLING 3**

In afbeelding 78 is een plantaardige cel schematisch getekend. Enkele delen zijn genummerd. De vragen 1 tot en met 4 gaan over deze afbeelding.

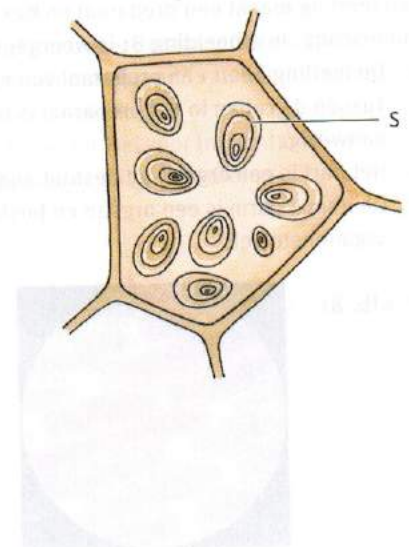
- 1 Op welke van de genummerde plaatsen bevindt zich cytoplasma?
- A Alleen op plaats 6.
  - B Alleen op plaats 7.
  - C Alleen op de plaatsen 2 en 7.
  - D Op de plaatsen 2, 6 en 7.
- 2 Op welke van de plaatsen 1, 3 en 4 in afbeelding 78 bevindt zich een membraan?
- A Alleen op de plaatsen 1 en 3.
  - B Alleen op de plaatsen 1 en 4.
  - C Alleen op de plaatsen 3 en 4.
  - D Op de plaatsen 1, 3 en 4.
- 3 In welk deel of in welke delen kun je chromosomen aantreffen?
- A Alleen in deel 2.
  - B Alleen in deel 6.
  - C Alleen in deel 2 en 6.
  - D Zowel in deel 2, 6 als 7.

- 5 De vader van Rik koopt op de markt een tros bananen. Ze zijn nog groen. Rik zegt: 'Die bananen zijn nog niet rijp, dat is niet lekker.' Zijn vader antwoordt lachend: 'Wacht maar af.' Enkele dagen later zijn de bananen knalgeel. Welke verandering in de plastiden in de cellen van de schil van de bananen is hiervan de oorzaak?
- A Chloroplasten zijn overgegaan in chromoplasten.
  - B Chromoplasten zijn overgegaan in chloroplasten.
  - C Leukoplasten zijn overgegaan in zetmeelkorrels.
  - D Zetmeelkorrels zijn overgegaan in chromoplasten.
- 6 Sharmila en Thomas bekijken een tekening van een preparaat uit het midden van een aardappel (zie afbeelding 79). Ze doen alle twee een uitspraak over de tekening. Sharmila zegt dat deel S dient voor fotosynthese bij het uitlopen van de aardappel. Thomas zegt dat zich in deel S chromosomen bevinden. Wie doet een juiste uitspraak?
- A Geen van beiden.
  - B Alleen Sharmila.
  - C Alleen Thomas.
  - D Zowel Sharmila als Thomas.

▼ Afb. 78



▼ Afb. 79





**DOELSTELLING 4**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist. De beweringen 1 tot en met 3 gaan over afbeelding 80.

- 1 De huid is een weefsel.
- 2 De stamcellen die de onderzoekers uit de huid van muizen hebben geïsoleerd zijn adulte stamcellen.
- 3 De gevonden stamcellen kunnen zich tot slechts één type cellen ontwikkelen.

▼ Afb. 80

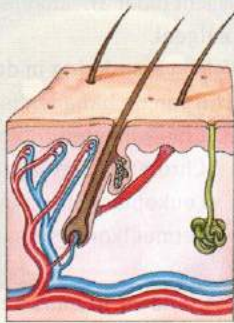
**Nieuwe huid**

UTRECHT, maart 2010

Onderzoekers van het Hubrecht Instituut en het Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMC Utrecht) hebben in haarzakjes bij muizen stamcellen ontdekt die de complete huid kunnen maken. De huid bestaat onder andere uit de opperhuid met daarin haarzakjes en talgklieren (zie de afbeelding).

De stamcellen die ze ontdekten, bleken in staat te zijn huidwonden te genezen, waarbij ook haren en talgklieren werden aangemaakt. De onderzoekers willen nu onderzoeken of ze soortgelijke stamcellen uit de huid van mensen kunnen halen. Het uiteindelijke doel is om uit de stamcellen nieuwe huid te laten groeien.

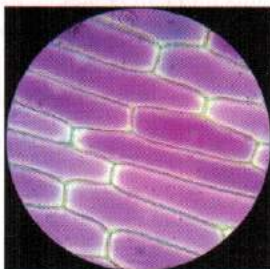
Mensen met huidwonden, zoals bij ernstige verbrandingen, hebben vaak een huidtransplantatie nodig. Tegenwoordig kan men al kunst huid laten groeien, maar die bezit geen haren en is vaak droog. Met behulp van de gevonden stamcellen hoopt men huid te maken die veel meer lijkt op de eigen huid.



De volgende informatie hoort bij de beweringen 4 en 5. Een leerling maakt een preparaat en bekijkt dit met een microscoop. In afbeelding 81 is weergegeven wat hij ziet.

- 4 De leerling heeft een preparaat van een weefsel gemaakt.
- 5 Tussen de cellen in het preparaat is tussencelstof aanwezig.
- 6 Het hart is een orgaan en bestaat alleen uit spierweefsel.
- 7 De dunne darm is een orgaan en bestaat uit verschillende organenstelsels.

► Afb. 81



**DOELSTELLING 5**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Afbeelding 82 is een schematische tekening van een celorganel. Welk celorganel is getekend?
  - A Een celkern.
  - B Een golgisysteem.
  - C Een mitochondrium.
  - D Een ribosoom.

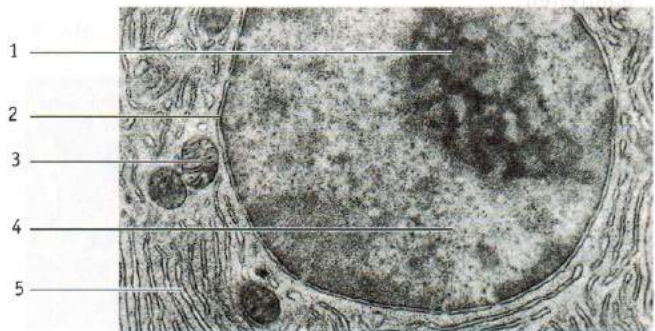
▼ Afb. 82



Afbeelding 83 is een elektronenmicroscopische foto van een deel van een cel.

De vragen 2 en 3 gaan over deze afbeelding.

▼ Afb. 83

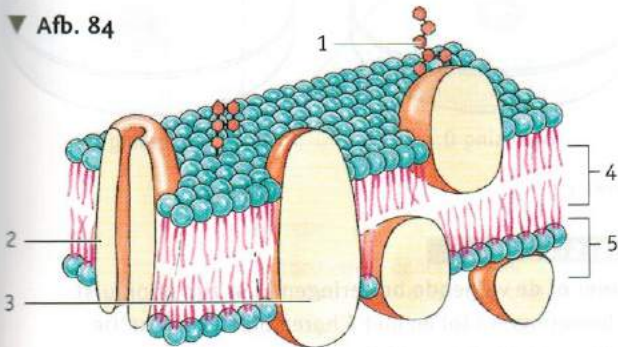


- 2 Met welk nummer is het endoplasmatisch reticulum aangegeven?
  - A Met nummer 2.
  - B Met nummer 3.
  - C Met nummer 4.
  - D Met nummer 5.
- 3 Welk van de genummerde delen zou volgens de endosymbiosetheorie zijn ontstaan uit een opgenomen bacterie?
  - A Nummer 1.
  - B Nummer 2.
  - C Nummer 3.
  - D Nummer 4.
  - E Nummer 5.



- 4 Bij welk proces spelen ribosomen een belangrijke rol?
- A Bij de opslag van eiwitten.
  - B Bij de vorming van eiwitten.
  - C Bij het transporteren van eiwitten.
  - D Bij het vrijmaken van energie uit eiwitten.
- 5 Welke organellen zullen het eerst in hun functie worden geremd wanneer cellen gebrek hebben aan zuurstof?
- A De chloroplasten.
  - B De kernen.
  - C De mitochondriën.
  - D De ribosomen.
- 6 In afbeelding 84 is een celmembraan schematisch getekend. Enkele delen zijn genummerd. Welke van de genummerde delen zijn eiwitten?
- A Alleen de delen 2 en 3.
  - B Alleen de delen 4 en 5.
  - C De delen 1, 4 en 5.
  - D De delen 2, 3, 4 en 5.

▼ Afb. 84



Bij Tammy op school kregen leerlingen de opdracht een model van een cel te maken. Tammy maakte de cel van een ovenschaal (zie afbeelding 85). De vragen 7 en 8 gaan over dit model.

- 7 Waarmee stelt Tammy het celmembraan voor en waarmee chloroplasten?
- | Celmembraan  | Chloroplasten |
|--------------|---------------|
| A plastic    | druiven       |
| B plastic    | watten        |
| C ovenschaal | druiven       |
| D ovenschaal | watten        |
- 8 In het model van de cel liggen witte slierten. De rode kralen die tegen de slierten aanliggen, stellen ribosomen voor. Wat zouden de witte slierten voor kunnen stellen?
- A Chromosomen.
  - B Een golgisysteem.
  - C Het endoplasmatisch reticulum.
  - D Lysosomen.

▼ Afb. 85



**DOELSTELLING 6**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Drie organismen zijn een boterbloem, een pantoffeldiertje en een salmonellabacterie. Bij welk(e) van deze organismen komen mitochondriën in de cellen voor?
- A Alleen bij de boterbloem.
  - B Alleen bij de boterbloem en het pantoffeldiertje.
  - C Alleen bij het pantoffeldiertje en de salmonellabacterie.
  - D Zowel bij de boterbloem, het pantoffeldiertje als de salmonellabacterie.
- 2 Waarin onderscheidt een bacterie zich van een plantaire cel?
- A Een bacterie heeft geen celmembraan.
  - B Een bacterie heeft geen celwand.
  - C Een bacterie heeft geen DNA.
  - D Een bacterie heeft geen kernmembraan.
- 3 In cellen kunnen onder andere chloroplasten, chromosomen, cytoplasma en membranen van het endoplasmatisch reticulum voorkomen. Welk van deze delen komt wel voor in plantaardige cellen, maar ontbreekt in cellen van dieren?
- A Chloroplasten.
  - B Chromosomen.
  - C Cytoplasma.
  - D Membranen van het endoplasmatisch reticulum.



## DOELSTELLING 7

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist. Op internet lazen Jelmer en Marianne een artikel over het maken van bier.

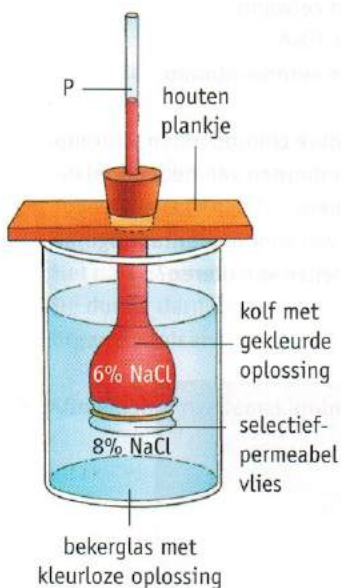
Bij de uitvoering stond: 'Maak een 10%-suikeroplossing door 25 g suiker op te lossen in 250 g water.'

- 1 Jelmer zegt dat je op deze manier geen 10% maar ongeveer 9% suikeroplossing krijgt.
- 2 Bij oplossingen wordt een hoge concentratie meestal weergegeven in ppm.

Brit haalt met remover nagellak van haar vingers. Ze doet wat remover uit het potje op een wattenpad. Nog voor ze is begonnen, ruikt ze de remover al.

- 3 Dat ze de remover ruikt, komt doordat stoffen in de remover zich via diffusie door de lucht verplaatsen.
- 4 Bij diffusie verplaatst een stof zich van een plaats met een lage concentratie naar een plaats met een hoge concentratie van die stof.
- 5 Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller diffusie verloopt.
- 6 Celmembranen zijn volledig permeabel voor koolstofdioxide en zuurstof, waardoor het transport van deze stoffen tegen de concentratiegradiënt in gaat.
- 7 Osmose treedt op als twee oplossingen gescheiden zijn door een selectief-permeabel membraan.
- 8 Bij osmose verplaatst water zich van een plaats met een lage osmotische waarde naar een plaats met een hoge osmotische waarde.

## ▼ Afb. 86



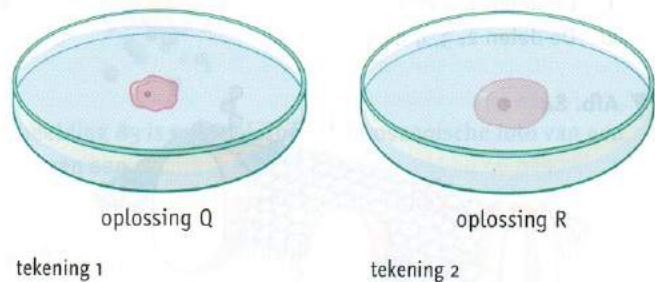
In afbeelding 86 is een proefopstelling getekend. De keukenzoutoplossingen zijn door een selectief-permeabel vlies gescheiden. P is het vloeistofniveau bij het begin van de proef.

- 9 Nadat er zich een evenwicht heeft ingesteld is het vloeistofniveau in het buisje gestegen.

In afbeelding 87 is een rode bloedcel van een kikker twee keer getekend. Bij tekening 1 bevond de cel zich in een oplossing die wordt aangegeven met de letter Q. De cel is daarna overgebracht naar een oplossing R, waarna tekening 2 is gemaakt. In tekening 2 is duidelijk te zien dat er een vormverandering heeft plaatsgevonden.

- 10 Uit de vormverandering blijkt dat de osmotische waarde van oplossing Q groter is dan de osmotische waarde van oplossing R.

## ▼ Afb. 87



## DOELSTELLING 8

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist. De beweringen 1 tot en met 6 horen bij de context 'De werking van geneesmiddelen'.

- 1 Na orale opname van een geneesmiddel bevindt het geneesmiddel zich in het interne milieu.
- 2 Een geneesmiddel dat wordt geïnjecteerd, gaat van het externe naar het interne milieu.

Opname van een geneesmiddel via een darmwandcel kan plaatsvinden via een blaasje dat zich afsnoert van het celmembraan. Door te versmelten met het celmembraan aan de andere kant van de cel kunnen stoffen uit de darm in het weefselvocht komen.

- 3 De manier waarbij stoffen via een blaasje worden opgenomen, heet passief transport.
- 4 Een geneesmiddel dat op deze manier is opgenomen, is twee maal een celmembraan gepasseerd.
- 5 Vetoplosbare geneesmiddelen passeren membranen door diffusie.
- 6 Een geneesmiddel dat bindt aan een receptoreiwit moet eerst door een cel worden opgenomen.
- 7 Bij het transport van water spelen specifieke porie-eiwitten een belangrijke rol.



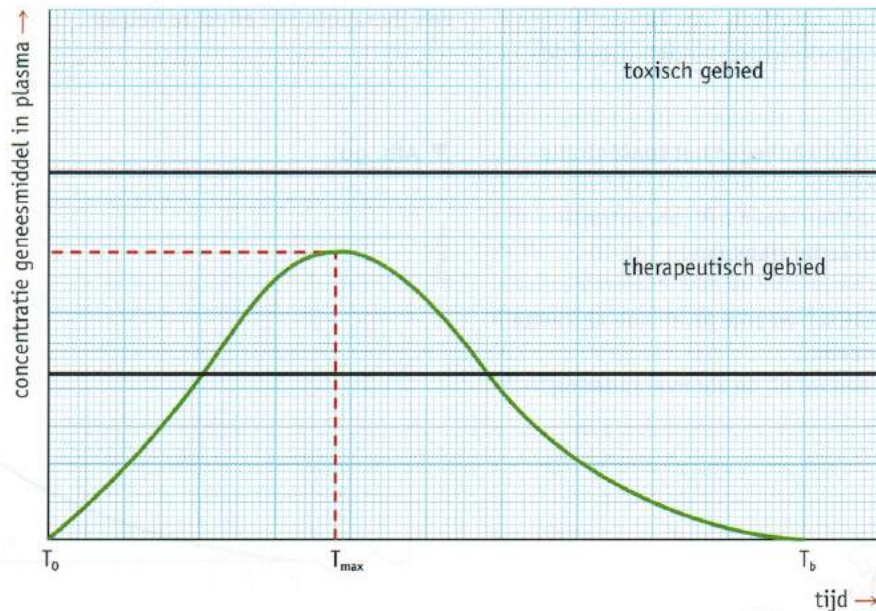
# DE WERKING VAN GENEESMIDDELEN

De werking van geneesmiddelen kan in vier fasen worden ingedeeld (zie afbeelding 88.1).

► Afb. 88



1 vier fasen van de werking van een geneesmiddel



Legenda:

$T_0$  = toediening geneesmiddel

$T \rightarrow T_{max}$  opname groter dan uitscheiding

$T_{max} \rightarrow T_b$  uitscheiding groter dan opname

2 diagram van de werking van een geneesmiddel

## De opname

De opname van een geneesmiddel in het interne milieu hangt af van de toedieningsvorm (oraal, anaal, inhalatie, injectie) en of bewerking in bijvoorbeeld de maag plaatsvindt. Bij orale toediening hangt de snelheid van de opname samen met de tijd die het geneesmiddel in de maag en de darmen verblijft.

Het effect van een geneesmiddel hangt af van de concentratie in het bloed (zie afbeelding 88.2). Bij een te hoge concentratie is de kans op bijwerkingen groot. Dit wordt het toxisch gebied genoemd. De concentratie waarbij het geneesmiddel werkzaam is, wordt het therapeutisch gebied genoemd. Bij een lagere concentratie heeft het geneesmiddel geen effect.

Na orale toediening neemt de concentratie van het

geneesmiddel in het interne milieu geleidelijk toe tot een maximum ( $T_{max}$ ). Bij sommige geneesmiddelen is de marge tussen onder- en overdosering groot, terwijl deze bij andere juist klein kan zijn. Geneesmiddelen kunnen daarom het beste op regelmatige tijden worden ingenomen.

## Verdeling

Na opname komt een geneesmiddel in het bloed en het weefselvocht. Cellen kunnen het geneesmiddel vervolgens opnemen. De snelheid waarmee een geneesmiddel wordt opgenomen hangt onder andere af van:

- de hoeveelheid water en vet in het lichaam;
- de mate waarin het geneesmiddel oplost in vet of water;
- de binding van het geneesmiddel aan bloedewitten (de aan bloedewitten gebonden geneesmiddelen zijn niet werkzaam).



## Omzetting

De meeste geneesmiddelen worden in het lichaam omgezet in niet-actieve stoffen, maar soms is eerst een omzetting nodig om het geneesmiddel werkzaam te maken. Bij het omzetten van geneesmiddelen spelen vooral enzymen uit de lever een rol.

Bepaalde geneesmiddelen binden zich specifiek aan membraaneiwitten. Dit kunnen receptoreiwitten zijn, waarbij na binding met het geneesmiddel een signaal ontstaat met een therapeutisch effect. Ook kan een geneesmiddel met porie- of transporteiwitten binden. Door de

binding met een porie-eiwit kan een porie open blijven staan of juist gesloten blijven.

## Uitscheiding

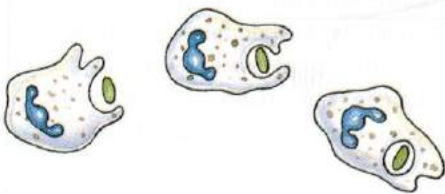
Sommige geneesmiddelen worden in het lichaam afgebroken, andere blijven intact. Het lichaam scheidt de geneesmiddelen of de afbraakproducten uit. Door de afbraak en de uitscheiding daalt de concentratie van het geneesmiddel. Na verloop van tijd wordt de concentratie te laag om nog een therapeutisch effect te hebben.

- 8 Het transport van zuurstof kan tegen het concentratieverval in plaatsvinden.
- 9 Bij het transport van stoffen tegen het concentratieverval in, is sprake van actief transport.

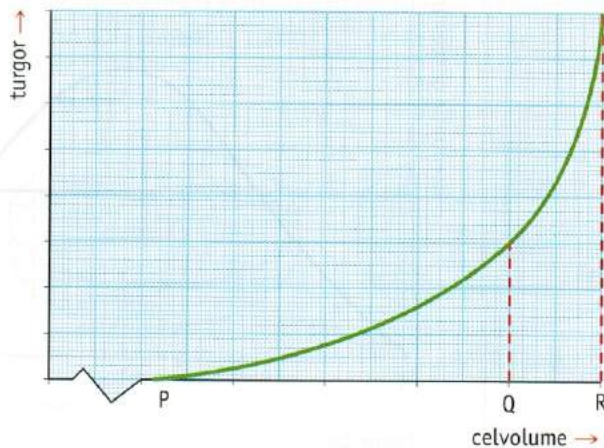
In afbeelding 89 is schematisch weergegeven hoe een witte bloedcel een bacterie opneemt.

- 10 Het cytoskelet speelt een rol bij de vormverandering van de witte bloedcel.

### ▼ Afb. 89



### ▼ Afb. 90



### DOELSTELLING 9

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In het diagram van afbeelding 90 is het verband weergegeven tussen het volume van een plantencel en de turgor van die cel. Bij R zijn het volume en de turgor van die cel maximaal. In welk van de trajecten tussen P en R treedt een netto-waterverplaatsing op tussen de celinhoud en de omgeving?
  - A Alleen in het traject PQ.
  - B Alleen in het traject QR.
  - C In het traject PR.
  - D In geen van de trajecten.

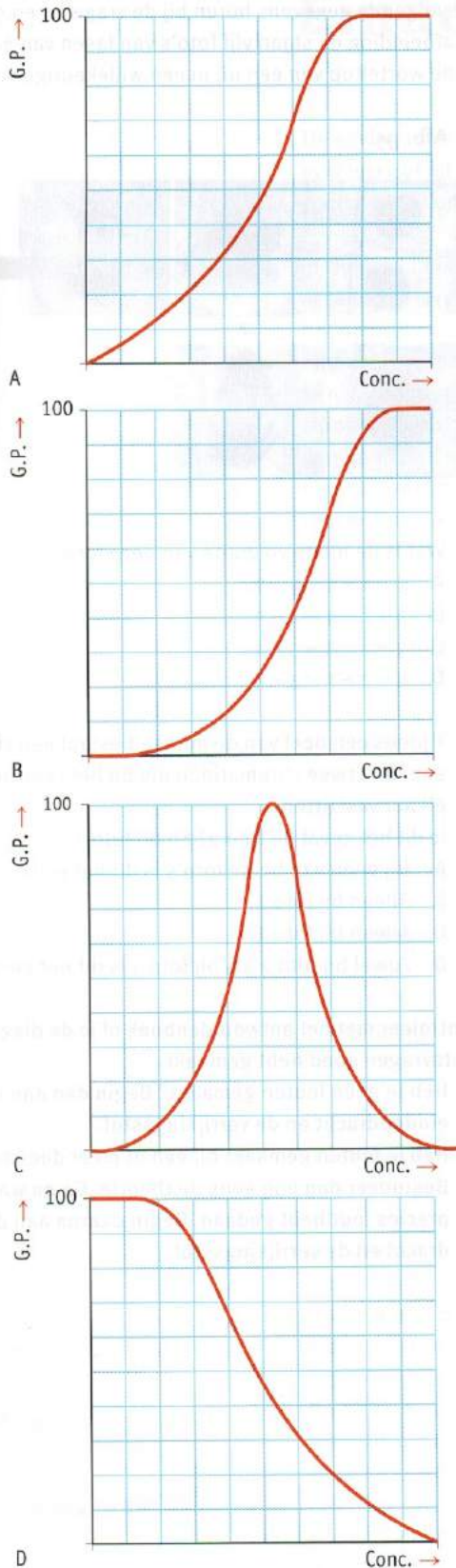
De volgende informatie hoort bij vraag 2 en 3.

Stukjes rodekoolblad worden in een sterke zoutoplossing gelegd. Na een kwartier blijken de bladcellen nog te leven.

- 2 Is de stevigheid van de stukjes koolblad veranderd? Zo ja, hoe?
  - A Nee.
  - B Ja, de stevigheid is afgenomen.
  - C Ja, de stevigheid is toegenomen.
- 3 De kleur van het vacuolevocht van de bladcellen wordt vergeleken met die van cellen onder normale omstandigheden. Welke verandering is er opgetreden?
  - A De kleur van het vacuolevocht is niet veranderd.
  - B De kleur van het vacuolevocht is lichter geworden.
  - C De kleur van het vacuolevocht is donkerder geworden.
- 4 In een experiment werden gelijke stukjes opperhuidweefsel van een verse ui in keukenzoutoplossingen van verschillende concentraties gelegd. Na dertig minuten werden de stukjes weefsel met een microscoop bekeken. Van elk stukje werden honderd cellen bekeken



▼ Afb. 91



G.P. = aantal geplasmolyseerde cellen  
 Conc. = concentratie NaCl in mg/L

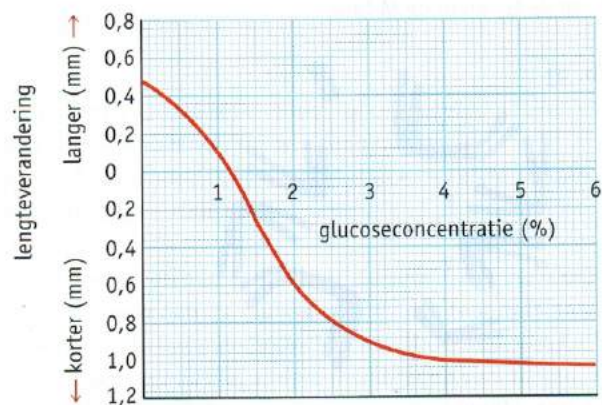
en er werd geteld hoeveel van deze cellen plasmolyse hadden ondergaan. Het aantal geplasmolyseerde cellen werd in een diagram uitgezet tegen de concentratie van de keukenzoutoplossingen.

Welk diagram van afbeelding 91 kan een juiste weergave zijn van de resultaten van dit experiment?

- A Diagram A.
- B Diagram B.
- C Diagram C.
- D Diagram D.

De volgende gegevens horen bij de vragen 5 en 6. Staafjes aardappel, gesneden uit dezelfde verse aardappel, werden in glucose-oplossingen van verschillende concentraties gelegd. De staafjes hadden een gelijke lengte en dikte. Na een uur werd de lengteverandering van de staafjes gemeten. Van de verkregen resultaten werd een diagram gemaakt (zie afbeelding 92).

▼ Afb. 92



5 Aan het eind van de proef worden drie aardappelstaafjes met elkaar vergeleken: de aardappelstaafjes die respectievelijk in de 1%-, de 2%- en de 5%-glucose-oplossing hebben gelegen.

Welk van deze staafjes is het slapst?

- A Het staafje in de 1%-glucoseoplossing.
- B Het staafje in de 2%-glucoseoplossing.
- C Het staafje in de 5%-glucoseoplossing.

6 Een vers gesneden aardappelstaafje werd een uur in een glucoseoplossing van 3% gelegd. Het staafje werd daarna in een ruime hoeveelheid van een bepaalde vloeistof gelegd waardoor het zijn oorspronkelijke gewicht terugkreeg en behield.

In welke vloeistof werd het aardappelstaafje gelegd?

- A In water met 0% glucose.
- B In water met ongeveer 0,8% glucose.
- C In water met ongeveer 1,2% glucose.



**DOELSTELLING TO**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

1 Bep zegt dat DNA-replicatie plaatsvindt tijdens de interfase.

Pieter zegt dat na DNA-replicatie een chromosoom uit twee chromatiden bestaat.

Wie heeft (hebben) gelijk?

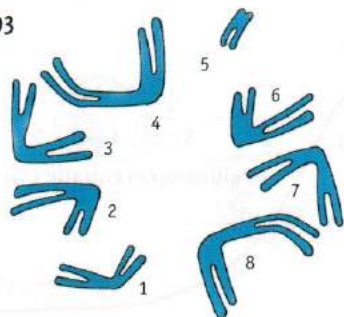
- A Bep en Pieter hebben geen van beiden gelijk.
- B Alleen Bep heeft gelijk.
- C Alleen Pieter heeft gelijk.
- D Bep en Pieter hebben allebei gelijk.

2 In afbeelding 93 zijn de chromosomen van een dier schematisch weergegeven, zoals ze tijdens een bepaald stadium van de celcyclus zichtbaar zijn door een microscoop.

In welke fase(n) van de celcyclus (zie afbeelding 94) zijn de chromosomen zichtbaar zoals in afbeelding 93?

- A Alleen in de M-fase.
- B Alleen in de S-fase.
- C In de G<sub>1</sub>- en in de M-fase.
- D In de G<sub>2</sub> en in de M-fase.

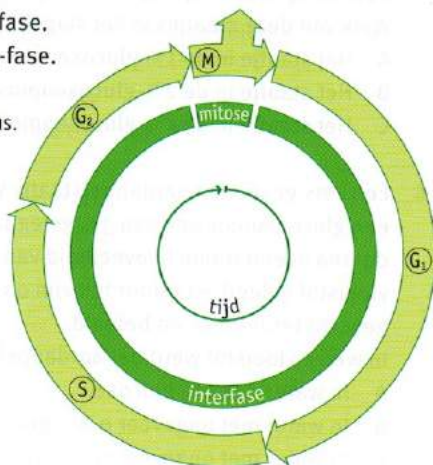
► Afb. 93



3 Kijk naar afbeelding 94. Tijdens welke fase van de celcyclus bestaan chromosomen gedurende de gehele fase uit één chromatide?

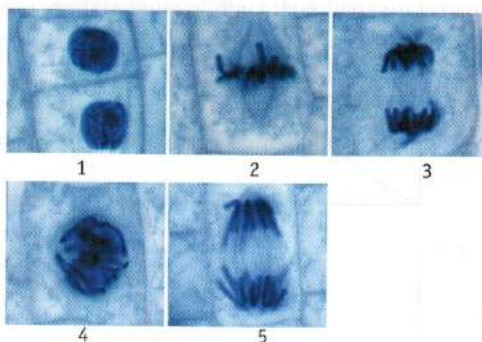
- A Tijdens de M-fase.
- B Tijdens de G<sub>1</sub>-fase.
- C Tijdens de S-fase.
- D Tijdens de G<sub>2</sub>-fase.

► Afb. 94 De celcyclus.



De volgende gegevens horen bij de vragen 4 en 5. In afbeelding 95 staan vijf foto's van fasen van een mitose in de worteltop van een ui, in een willekeurige volgorde.

▼ Afb. 95



4 Wat is de juiste volgorde van deze fasen?

- A 1-3-5-4-2.
- B 3-1-4-2-5.
- C 4-2-5-3-1.
- D 4-2-1-3-5.

5 Tijdens een deel van de mitose bestaat een chromosoom uit twee chromatiden die bij het centromeer aan elkaar vastzitten.

Is dit het geval bij foto 2? En bij foto 3?

- A Bij geen van beide foto's is dit het geval.
- B Alleen bij foto 2.
- C Alleen bij foto 3.
- D Zowel bij foto 2 als bij foto 3 is dit het geval.

Controleer met het antwoordenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.



# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en het voorgaande thema. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat in de biologie verschillende organisatieniveaus worden onderscheiden. In dit thema Cellen lag de nadruk op het niveau van de cel, maar ook heb je meer geleerd over de niveaus molecuul, organel, weefsel, orgaan, organenstelsel en organisme.

Je hebt kunnen lezen dat taaislijmziekte een gevolg is van een verandering in de chromosomen. Deze verandering op molecuulniveau heeft uiteindelijk veranderingen op het niveau van het organisme tot gevolg, en er zijn zelfs gevolgen op het niveau populatie. In deze opdracht ga je de gevolgen van de verandering in de chromosomen bij iemand met taaislijmziekte per niveau beschrijven.

### 1 Molecuul

In een cel zijn veel verschillende moleculen aanwezig. Beschrijf welk molecuul is veranderd bij taaislijmziekte en welke moleculen vervolgens betrokken zijn bij het ontstaan van taaislijm.

### 2 Organel

Beschrijf de organellen en delen van de cel met hun rol bij het veroorzaken van taaislijm. Neem de volgende tekst over en vul de open plaatsen in.

Gebruik hierbij: *blaasjes – boodschappermolecuul – celkern – celmembraan – DNA – endoplasmatisch reticulum – ribosoom.*

Het ... met de verandering bevindt zich in de kern van de cellen. Het verkeerde ... gaat vanuit de ... naar een ..., waar een transporteiwit met een fout ontstaat. Het transporteiwit wordt ingebouwd in het membraan van het ... Doordat van het membraan ... afsnoeren die vervolgens met andere membranen versmelten, komt het transporteiwit uiteindelijk ook in het ... terecht.

### 3 Cel

Bij taaislijmziekte hebben niet alleen slijmproducerende cellen een afwijkend transporteiwit, maar alle cellen. Leg dit uit.

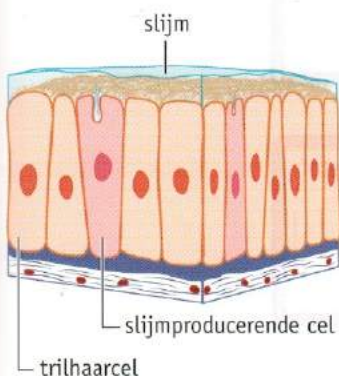
### 4 Weefsel

Afbeelding 96 geeft schematisch een weefsel met slijmproducerende cellen weer.

**Beantwoord de volgende vragen.**

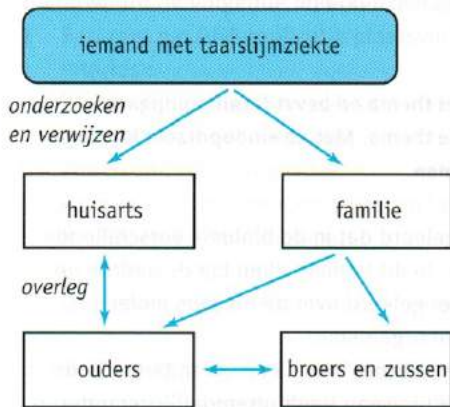
- 1 Wat voor type weefsel is het weefsel dat in afbeelding 96 is weergegeven? Licht je antwoord toe.
- 2 De trilharen verplaatsen het slijm, bijvoorbeeld via de luchtpijp. Welk gevolg heeft dikker (taaiër) slijm voor het transport van het slijm?
- 3 Door de verandering van de samenstelling van het slijm neemt de kans op infecties van slijmvliezen toe. Een grotere kans op infecties van de longen komt onder andere doordat het slijm langer in de longen blijft. Welk verband is er tussen het langer in de longen blijven van het slijm en het ontstaan van infecties?

▼ Afb. 96





## ▼ Afb. 97

5 *Orgaan*

Taaislijmziekte heeft niet alleen gevolgen voor de slijmvliezen in de longen. Ook op andere plaatsen in het lichaam komen slijmvliezen voor. Schrijf de namen van organen op waar een slijmvlies in voorkomt.

6 *Organenstelsel*

Taaislijmziekte heeft invloed op het functioneren van een aantal organenstelsels. Noem drie organenstelsels en beschrijf de invloed van taaislijmziekte op deze organenstelsels.

7 *Organisme*

Als je griep hebt, is dat vervelend. Je voelt je een paar dagen beroerd, maar daarna knap je weer op en kun je alles weer doen. Bij taaislijmziekte niet. Je hele leven staat in het teken van de ziekte en je moet er bij van alles rekening mee houden. Behalve medicijnen en therapieën die tijd kosten en waar je aan moet denken, heeft taaislijmziekte ook gevolgen voor het verdere dagelijkse leven.

Kinderen met taaislijmziekte hebben vaak een groeiachterstand ten opzichte van gezonde kinderen.

Leg het verband uit tussen de groeiachterstand en de problemen met de spijsvertering van een kind met taaislijmziekte.

8 *Populatie*

Op het niveau van populatie kun je spreken over de invloed die iemand met taaislijmziekte heeft op zijn directe omgeving, maar je kunt ook kijken naar de invloed van deze aandoening op de hele maatschappij. Daarbij kun je denken aan onderzoek dat wordt gedaan en kosten die de behandeling met zich meebrengt. De relatie tussen een persoon en zijn omgeving kun je weergeven in een schema. In afbeelding 97 zie je een begin van een relatieschema. Bij de pijlen in het schema kun je kort de relatie toelichten.

– Maak een relatieschema voor iemand met taaislijmziekte.

## opdracht 2

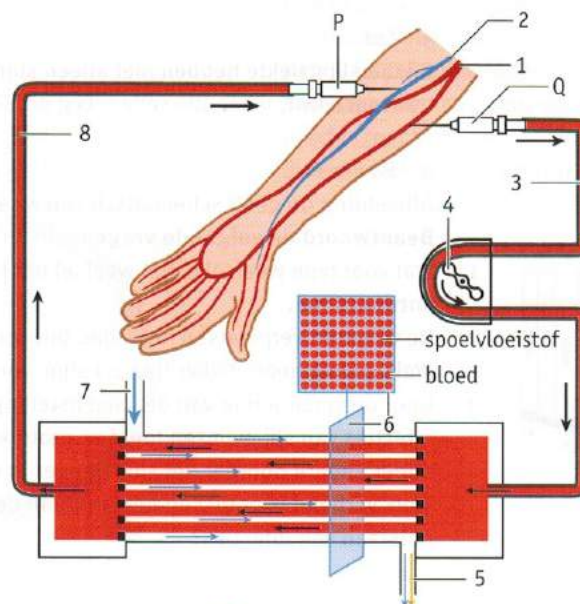
*Kunstnier (examen havo 2010-2)*

Bij hemodialyse wordt het bloed door een kunstnier gevoerd. De werking van een kunstnier is schematisch weergegeven in afbeelding 98.

## ► Afb. 98

Legenda:

- 1 = slagader
- 2 = ader
- 3 = bloed met afvalstoffen
- 4 = pomp
- 5 = afvoer van de spoelvoestof met afvalstoffen uit het bloed
- 6 = dwarsdoorsnede kunstnier
- 7 = aanvoer van de spoelvoestof
- 8 = gereinigd bloed





**Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.**

1 Over de werking van de kunstnier worden de volgende uitspraken gedaan.

- 1 De reden dat de spoelvoeistof in de kunstnier in tegengestelde richting van de bloedstroom stroomt, is dat er hierdoor een concentratieverschil tussen bloed en spoelvoeistof blijft en de uitwisseling van stoffen optimaal is.
- 2 De uitscheiding van afvalstoffen van het bloed in de kunstnier komt tot stand door actief transport door de membranen in de kunstnier.

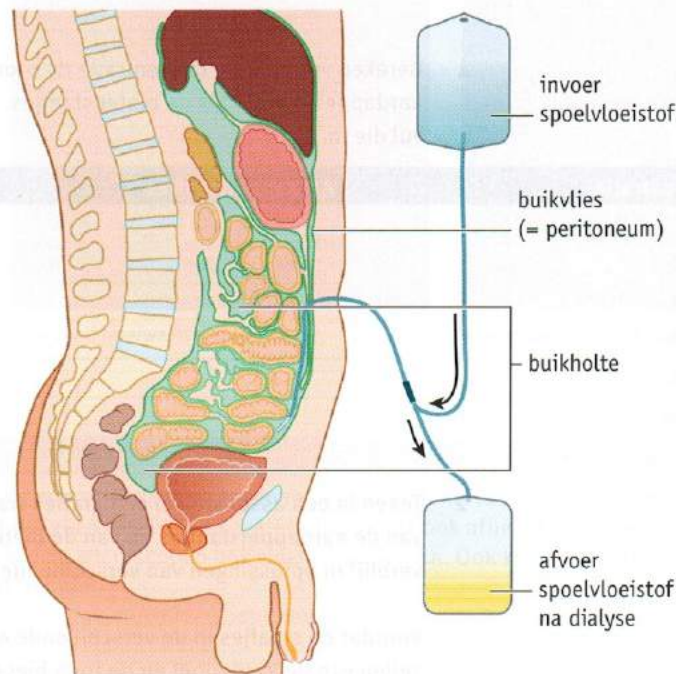
Welke uitspraak is of welke uitspraken zijn juist?

- A Beide uitspraken zijn onjuist.
- B Alleen uitspraak 1 is juist.
- C Alleen uitspraak 2 is juist.
- D Beide uitspraken zijn juist.

Bij peritoneale dialyse (zie afbeelding 99) wordt een bepaalde hoeveelheid spoelvoeistof steriel in de buikholte gebracht via een permanent in de buikholte aangelegde katheter. Bij deze vorm van dialyse wordt het buikvlies als membraan gebruikt tussen het te zuiveren bloed en de spoelvoeistof.

De spoelvoeistof blijft enige tijd in de buikholte en wordt vervolgens weer afgevoerd. De dialysepatiënt moet bij deze dialyse dagelijks vier tot vijf keer de spoelvoeistof wisselen. Daarvoor is geen machine nodig. Hoe vaak de wisselingen nodig zijn, is afhankelijk van de medische situatie van de patiënt.

► Afb. 99



2 De spoelvoeistof die in de buikholte van de patiënt wordt gebracht, bevat naast zouten een bepaalde vaste hoeveelheid glucose. De glucoseconcentratie van de dialysevoeistof ligt hoger dan die van het bloedplasma.

Wat is de functie van deze glucose in de spoelvoeistof?

- A De glucoseconcentratie zorgt voor een permanent hogere osmotische waarde van de dialysevoeistof, en dit leidt tot wateropname in de dialysevoeistof.
- B Deze glucose is nodig voor het actief transport waarmee de afvalstoffen uit het bloed worden verwijderd.
- C Deze glucose wordt door cellen van het buikvlies gebruikt om water vanuit het bloed naar de buikholte te transporteren.



## opdracht 3

Een practicum met aardappel- en bietenstaafjes (examen havo 2008-2)

Een leerling snijdt uit één aardappel zes staafjes. De staafjes zijn allemaal even lang. Hij doet de aardappelstaafjes in reageerbuizen met gelijke hoeveelheden suikeroplossing van verschillende concentratie.

Daarna snijdt hij zes staafjes uit één rode biet. De bietenstaafjes worden eveneens in reageerbuizen gedaan, die dezelfde hoeveelheden van dezelfde suikeroplossingen hebben als in het experiment met de aardappelstaafjes. In tabel 1 wordt aangegeven welke suikerconcentraties worden gebruikt, hoe lang de aardappel- en bietenstaafjes zijn vóór het experiment en hoe lang de aardappel- en bietenstaafjes zijn nadat zij 24 uur in de verschillende suikeroplossingen hebben gelegen.

▼ Tabel 1

Buis	Concentratie	Gegevens aardappelstaafjes		Gegevens bietenstaafjes	
		Lengte vóór het experiment (mm)	Lengte na het experiment (mm)	Lengte vóór het experiment (mm)	Lengte na het experiment (mm)
1	18%	60	48,0	50	45,0
2	12,6%	60	50,4	50	47,0
3	5,4%	60	60,6	50	53,0
4	3,6%	60	62,4	50	54,5
5	1,8%	60	65,4	50	55,5
6	0,0%	60	67,2	50	56,5

- 1 Bereken voor iedere concentratie de procentuele toe- of afname van zowel de aardappelstaafjes als de bietenstaafjes. Neem hiervoor de volgende tabel over en vul die in.

Buis	Concentratie	Aardappelstaafjes	Bietenstaafjes
1	18%		
2	12,6%		
3	5,4%		
4	3,6%		
5	1,8%		
6	0,0%		

- 2 Teken in een assenstelsel een grafiek waarin je de procentuele lengteverandering van de aardappelstaafjes en van de bietenstaafjes weergeeft, ten gevolge van hun verblijf in oplossingen van verschillende concentraties.

Voordat de staafjes in de verschillende oplossingen worden gelegd, hebben de cellen van de aardappel en de rode biet een bepaalde osmotische waarde.

- 3 Van welk van beide hebben de cellen de hoogste osmotische waarde voordat de staafjes in de suikeroplossingen worden gelegd?

In de getekende grafiek kun je argumenten vinden waarmee je kunt uitleggen welk weefsel bij het begin van het experiment de hoogste osmotische waarde had. Geef een van deze argumenten.



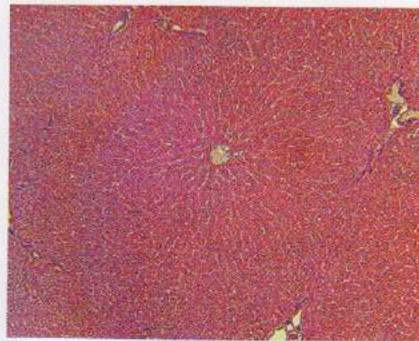
# 1 Menselijke weefsels

In deze verrijksstof bekijk je een weefsel van de mens. Je gaat het weefsel tekenen en informatie over het weefsel opzoeken op internet of in tijdschriften en boeken. Van het resultaat van je onderzoek maak je een presentatie.

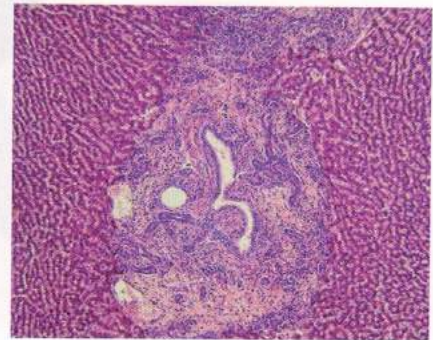
In de basisstof heb je gelezen dat een pathologisch laboratorium weefselonderzoek doet. Onder andere bekijkt men met een microscoop de cellen van weefsels. In afbeelding 100 zie je gezond leverweefsel en leverweefsel met kankercellen. Op deze foto's zie je duidelijke verschillen tussen de beide weefsels, maar in werkelijkheid zijn de verschillen vaak niet goed zichtbaar. Alleen na jarenlange studie en veel ervaring is een patholoog in staat om afwijkingen te zien. Om de precieze afwijking te vinden, gebruikt een patholoog extra informatie, zoals informatie uit DNA-onderzoek.

Zelf met een microscoop weefsel bekijken is moeilijk, maar op veel scholen zijn preparaten van weefsels aanwezig. Je kunt dan wel zien hoe het weefsel er ongeveer uitziet.

► Afb. 100



1 gezond leverweefsel



2 leverweefsel met kankercellen

opdracht 1

PRACTICUM

MENSELIJKE WEEFSELS

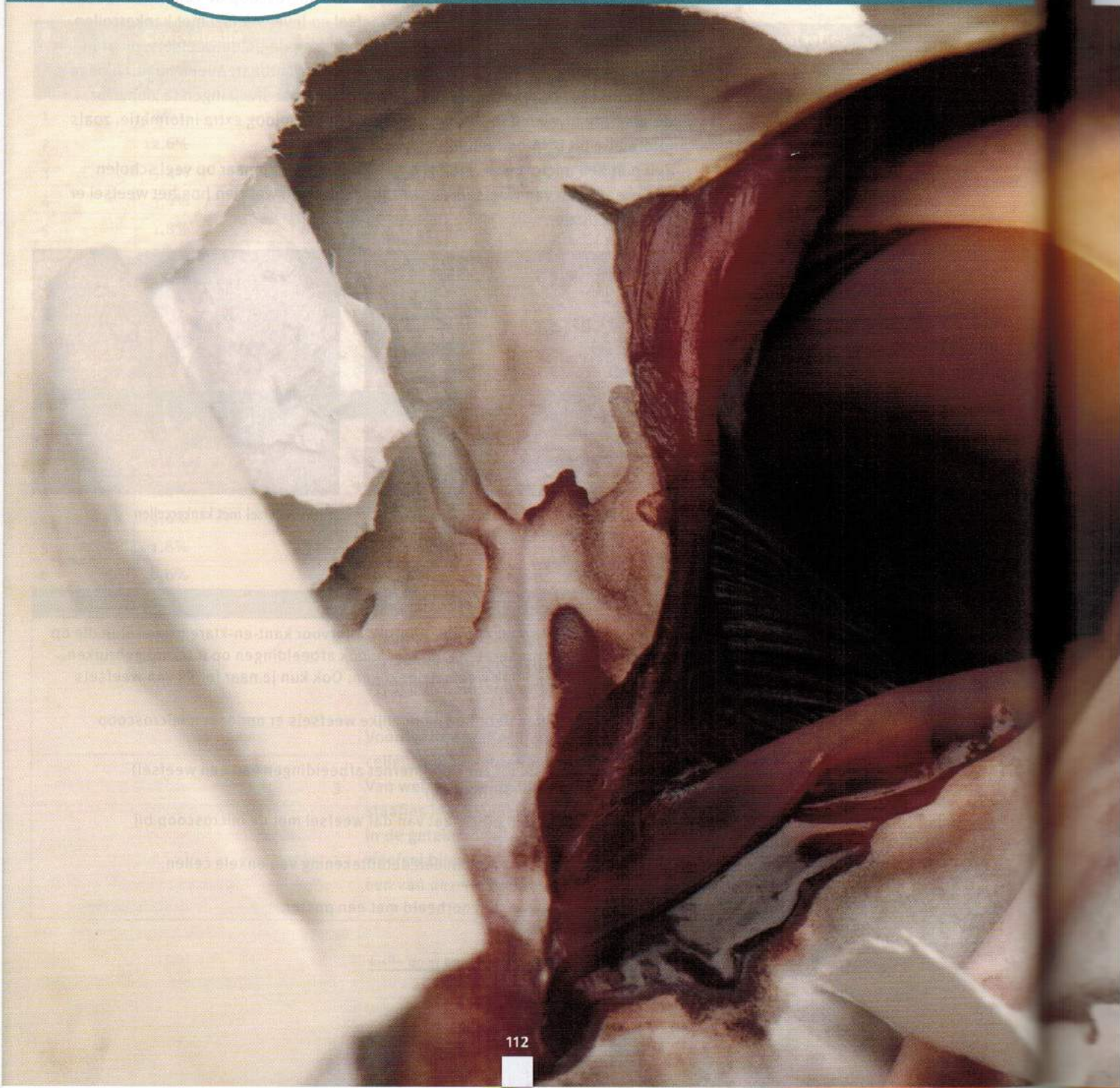
<b>Inleiding</b>	Je gaat een weefsel van de mens bekijken en tekenen. Je gebruikt hiervoor kant-en-klare preparaten die op school zijn. Als er op school geen weefselpreparaten zijn, kun je ook afbeeldingen op internet gebruiken. Op internet kun je met virtuele microscopen ook weefsels bekijken. Ook kun je naar foto's van weefsels zoeken met bijvoorbeeld Google. Het doel van deze opdracht is dat je een idee hebt hoe menselijke weefsels er onder een microscoop uitzien.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- een preparaat van een menselijk weefsel (of zoek op internet afbeeldingen van een weefsel)</li> <li>- een microscoop (of computer met internetverbinding)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kies een bepaald weefsel uit en bekijk een preparaat van dat weefsel met de microscoop bij verschillende vergrotingen.</li> <li>- Maak een overzichtstekening van het preparaat en een detailtekening van enkele cellen.</li> <li>- Zoek informatie over de functie van het weefsel.</li> <li>- Presenteer je resultaten met je tekeningen, bijvoorbeeld met een poster.</li> </ul>

**WEB** meer verrijksstoffen vind je op ePack



# 3

## Voortplanting





**BASISSTOF**

1 Jongens en meisjes	114
2 Geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting	120
3 Geslachtscellen	125
4 Hormonen	133
5 Zwanger	139
6 Seksualiteit	146
7 Soa's en geboorteregeling	150
8 Ongewenst kinderloos	155

**SAMENVATTING****DIAGNOSTISCHE TOETS****EINDOPDRACHT****VERRIJKINGSSTOF****1 Borstvoeding**

160

164

172

174

174

**Een dichting**

De wintertijd is een tijd van rust en stilte. De natuur is in slaap gevallen en de dieren zijn naar huis gegaan. Het is een tijd van introspectie en van denken aan het verleden. De herinneringen aan de zomermaanden zijn nog levendig en de geur van de bloemen is nog aanwezig in de lucht. Het is een tijd van dankbaarheid en van genieten van de kleine dingen in het leven. Het is een tijd van hopen en van vertrouwen in de toekomst. Het is een tijd van liefde en van compassie voor de ander. Het is een tijd van vrede en van harmonie. Het is een tijd van rust en van stilte. Het is een tijd van introspectie en van denken aan het verleden. De herinneringen aan de zomermaanden zijn nog levendig en de geur van de bloemen is nog aanwezig in de lucht. Het is een tijd van dankbaarheid en van genieten van de kleine dingen in het leven. Het is een tijd van hopen en van vertrouwen in de toekomst. Het is een tijd van liefde en van compassie voor de ander. Het is een tijd van vrede en van harmonie.



Reproductie is een eigenschap van biologische systemen. Wanneer reproductie op het niveau van het organisme plaatsvindt, spreekt men meestal van voortplanting. In dit thema leer je dat bij voortplanting interactie tussen individuen een belangrijke rol speelt. Uiterlijke kenmerken worden beïnvloed door hormonen. Hormonen zorgen ook voor interactie tussen cellen die bij de voortplanting een rol spelen. In dit thema leer je hoe de voortplanting bij de mens verloopt en hoe de mens zijn voortplanting beïnvloedt.

## 1 Jongens en meisjes

▼ Afb. 1



Tijdens de ontwikkeling van kind naar volwassene maken mensen een periode door waarin grote lichamelijke en geestelijke veranderingen plaatsvinden. De periode van de lichamelijke verandering wordt vaak aangeduid als de **puberteit**, terwijl de geestelijke ontwikkeling **adolescentie** wordt genoemd. De puberteit loopt ongeveer van 10 jaar tot 17 jaar, maar is per mens verschillend. Na de puberteit begint de adolescentie, maar soms wordt de puberteit als deel van de adolescentie gezien. Het einde van de adolescentie is niet gekoppeld aan een bepaalde leeftijd, maar aan het bereiken van de volwassenheid, meestal tussen de 20 en 25 jaar.

Tijdens de adolescentie veranderen de hersenen. De snelheid waarmee dit gebeurt, is niet in alle hersengebieden gelijk. Veel jongeren vertonen impulsief gedrag waardoor ze dingen doen waarvan ze pas naderhand inzien dat het eigenlijk niet zo handig was (zie afbeelding 2).

▼ Afb. 2

### Een piercing

De snelle rijping van sommige hersengebieden, in combinatie met een langzamere rijping van andere, verklaart veel van de typische gedragingen van adolescenten. Als het gebied dat belangrijk is voor 'emotionele kicks' bijvoorbeeld in gang wordt gezet, maar het gebied dat belangrijk is voor het temmen van emoties nog aan het rijpen is, dan bevindt de adolescent zich tijdelijk in een 'risicofase'. In deze fase zullen zij eerder geneigd zijn om gevaarlijke acties te ondernemen, maar nog niet goed in staat zijn om controle uit te oefenen over deze acties.

Deze risicofase leidde bijvoorbeeld tot een ondoordachte keuze van de vijftienjarige Suzanne. Suzanne is een meisje dat graag met haar vriendinnen uitgaat

en houdt van uitdagingen. Een van haar vriendinnen, Tessa, is een echte waaghals en Suzannes ouders hebben daarom liever niet dat Suzanne met haar omgaat. Toen de twee vriendinnen op een avond aan het msn'en waren, stelde Tessa voor om samen een piercing te laten zetten. Suzanne wist dat haar moeder dat een heel slecht idee vond en daarom twijfelde ze of ze het wel zou doen. Maar op een zaterdagmiddag was ze met Tessa aan het winkelen en kwamen ze langs een winkel waar je piercings kon laten zetten. Suzanne en Tessa keken in de etalage naar de verschillende knopjes en bespraken hoe 'cool' het zou zijn als ze maandag op school allebei met een piercing zouden verschijnen. Ze besloten daarom het geld dat ze hadden meegekregen om een nieuwe winterjas te kopen, te

besteden aan de piercing. Spannend was het wel en pijnlijk ook, maar de piercing stond fantastisch. Pas onderweg naar huis bedacht Suzanne zich dat ze ook nog thuis moest uitleggen waarom ze niet had geluisterd naar het verbod van haar ouders én waarom ze geen nieuwe jas had kunnen kopen. Het hersengebied dat belangrijk is voor de aansturing van waaghalsgedrag was bij Suzanne op het moment dat ze voor de piercingwinkel stond actiever dan het hersengebied dat ervoor zorgt dat zij nadenkt over de consequenties van haar gedrag. In dit geval leidde dit tot een impulsieve actie, die haar niet in dank werd afgenomen door haar ouders.

Bron: E. Crone, *Het puberbrein*, B. Bakker, 2008.



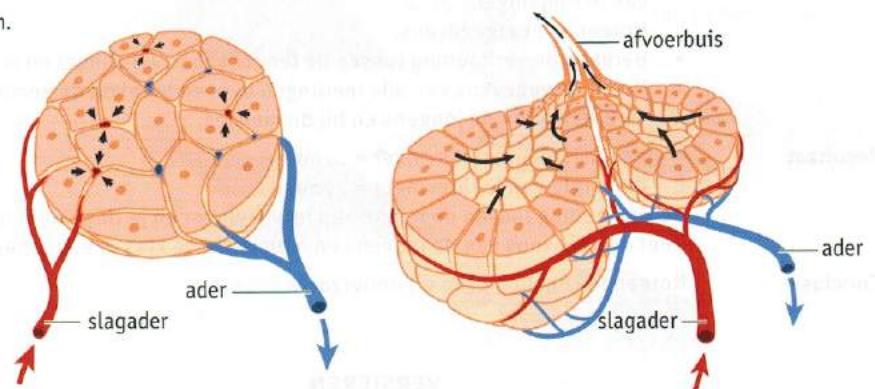
## opdracht 1

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is het verschil tussen puberteit en adolescentie?
- 2 Wanneer is de puberteit afgelopen?
- 3 Wat is volgens de tekst van afbeelding 2 de oorzaak van het ontstaan van risicogedrag bij adolescenten?
- 4 Welke 'emotionele kick' had Suzanne bij het zetten van de piercing?
- 5 Welk risico, waar ze misschien later spijt van kan krijgen, nam Suzanne?

**Hormonen** zijn chemische stoffen die door hormoonklieren aan het bloed worden afgegeven (zie afbeelding 3). Het bloed vervoert de hormonen door het hele lichaam. Via het bloed en de weefselvloeistof komen hormonen bij alle cellen. Cellen die gevoelig zijn voor een bepaald hormoon reageren op veranderingen van de concentratie van dit hormoon, bijvoorbeeld door stoffen af te geven of doordat in de cel bepaalde reacties op gang komen. Je kunt dus zeggen dat door hormonen cellen informatie krijgen van andere cellen. Als cellen informatie uitwisselen, spreken we van **celcommunicatie**. Hormonen regelen vooral processen in het lichaam zoals groei, stofwisseling en voortplanting. Hormonen die een rol spelen bij de voortplanting worden **geslachtshormonen** genoemd.

► Afb. 3 Klieren.



1 hormoonklieren geven hormonen af aan het bloed

2 klieren met een afvoerbuis zoals speekselklieren en zweetklieren geven hun producten af via een afvoerbuis

**GESLACHTSKENMERKEN**

De ontwikkeling van de geslachtsorganen begint als een embryo een aantal weken oud is. Hierbij speelt de hoeveelheid van het mannelijke geslachtshormoon **testosteron** een belangrijke rol. Bij veel testosteron ontwikkelen zich bij het embryo gewoonlijk mannelijke geslachtskenmerken, bij een lage concentratie vrouwelijke. De geslachtskenmerken die een kind bij de geboorte heeft, heten **primaire geslachtskenmerken**.

In de puberteit nemen de concentraties van de geslachtshormonen toe. Hierdoor treden er lichamelijke veranderingen op en gaan jongens en meisjes meer van elkaar verschillen. Bij zowel jongens als meisjes ontstaat schaamhaar en okselhaar. Bij jongens ontstaat ook gezichtsbeharing, de penis wordt groter en ze krijgen een lagere stem door de groei van het strottenhoofd. Bij meisjes ontwikkelen zich de borsten en meisjes krijgen rondere vormen. Deze lichamelijke veranderingen heten **secundaire geslachtskenmerken**. De geslachtshormonen hebben ook invloed op de ontwikkeling van de hersenen en het gedrag van pubers en adolescenten.



## opdracht 2

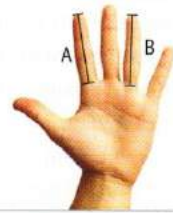
- In afbeelding 4 is een practicum weergegeven. Voer dit practicum uit.
- Maak een verslag en geef bij de conclusie aan of de uitkomst van je onderzoek wel of niet in overeenstemming is met de hypothese.

## ▼ Afb. 4

## PRACTICUM

## VERSCHILLEN TUSSEN JONGENS EN MEISJES

<b>Inleiding</b>	Volgens onderzoekers ontstaan de primaire geslachtskenmerken onder invloed van geslachtshormonen. De meesten bedoelen hiermee de aanwezigheid van de geslachtsorganen. Maar er bestaan ook andere verschillen. Uit onderzoek van een eeuw geleden blijken mannen in verhouding langere ringvingers te hebben dan vrouwen. Als maat voor het onderzoek werd de verhouding van de lengte tussen de wijsvinger en de ringvinger genomen. Volgens onderzoekers wordt dit verschil veroorzaakt door de hoeveelheid testosteron waaraan een kind voor zijn geboorte is blootgesteld.
<b>Probleemstelling</b>	Is de verhouding tussen de lengte van de wijsvinger en de ringvinger bij de jongens in de klas kleiner dan bij de meisjes in de klas?
<b>Hypothese</b>	Stel een hypothese op.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• een liniaal of geodriehoek</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meet de lengte van je wijsvinger vanaf je handpalm tot aan het topje van je vinger in millimeter (zie de afbeelding). Meet op dezelfde manier de lengte van je ringvinger.</li> <li>• Noteer je meetgegevens.</li> <li>• Bereken de verhouding tussen de lengte van je wijsvinger en je ringvinger.</li> <li>• Neem de gegevens van alle leerlingen over en bereken de gemiddelde verhouding bij de jongens en bij de meisjes.</li> </ul>
<b>Resultaat</b>	<p>A = de lengte van je wijsvinger = ... mm.            B = de lengte van je ringvinger = ... mm.</p> <p>De verhouding tussen de lengte van je wijsvinger en je ringvinger is <math>A/B = \dots</math></p> <p>Geef de gegevens van de jongens en meisjes in de klas in een tabel weer.</p>
<b>Conclusie</b>	Noteer de conclusie van dit onderzoek.



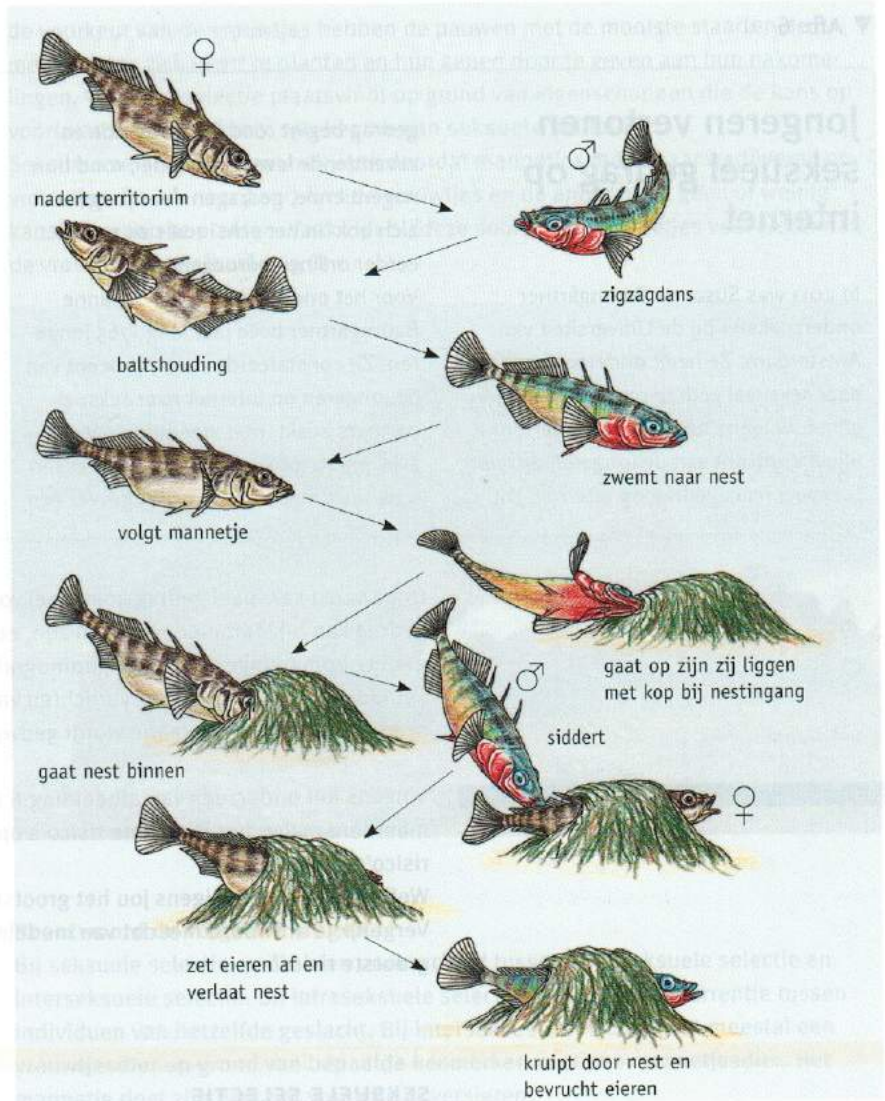
## VERSIEREN

In de puberteit ontstaan ook seksuele gevoelens. Je vindt iemand leuk en je zou wel graag met haar of hem in contact komen. Heel veel jongens en meisjes weten in die situatie niet wat ze moeten doen. Bij veel dieren is dit heel anders. Een stekelbaarsmannetje weet bijvoorbeeld precies wat hij moet doen om een vrouwtje te versieren en het vrouwtje weet wat ze moet doen om het mannetje te verleiden. Het driedoornige stekelbaarsje is een zilverkleurig visje met zwarte vlekken. Aan het begin van de paartijd verandert het mannetje van kleur. Zijn buik wordt rood en hij krijgt opvallend blauwe ogen. Het stekelbaarsmannetje gaat dan een nest bouwen op de bodem van een sloot. De omgeving van het nest gaat hij verdedigen tegen andere stekelbaarsmannetjes met een rode buik. Het gebied dat hij verdedigt, is zijn **territorium**.

Bij vrouwtjes zwelt de buik op door de eitjes. Wanneer een vrouwtje met een gezwollen buik in het territorium van een mannetje komt, gaat het mannetje in haar buurt heen en weer zwemmen. Dit noemen gedragsbiologen de 'zigzagdans' (zie afbeelding 5). Als het vrouwtje ook zin heeft, neemt ze een houding aan die baltshouding heet. Het mannetje zwemt vervolgens naar het nest toe. Als het vrouwtje volgt, is alles prima in orde. Als ze niet volgt, probeert het mannetje het opnieuw en begint hij weer met de zigzagdans. Dit houdt hij vol tot het vrouwtje volgt of wegzwemt.



► Afb. 5 De balts van stekelbaarsjes.



De handelingen die dieren uitvoeren voorafgaande aan de paring wordt de **balts** genoemd. Balts komt bij bijna alle diersoorten voor, maar niet bij mensen. Mensen willen zich vaak ook niet meteen voortplanten. Voordat een partner wordt gekozen is er meestal een periode waarin je elkaar beter leert kennen. Maar al te vaak raakt een verkering weer uit en gaan de ex-partners ieder weer op zoek naar een nieuwe partner.

### SEKSUEEL GEDRAG

Seksueel gedrag omvat al het gedrag dat met seksualiteit te maken heeft. Bij dieren is balts een vorm van seksueel gedrag. Het vergroot de kans op paarvorming en de kans op voortplanting. Voorbeelden van seksueel gedrag bij mensen zijn opgewonden raken, strelen, zoenen en geslachtsgemeenschap. Het verkennen van hun lichaam door kinderen valt ook onder seksueel gedrag.

In de puberteit en de adolescentie neemt de ervaring met seksueel gedrag toe, niet alleen fysiek maar ook anoniem via internet. Seksueel gedrag kan risicovol zijn doordat lang niet iedereen met goede bedoelingen omgaat met de gevoelens van een ander. De kans om slachtoffer te worden van ongewenst seksueel gedrag neemt dan toe (zie afbeelding 6).



## ▼ Afb. 6

## Jongeren vertonen seksueel gedrag op internet

In 2011 was Susanne Baumgartner onderzoekster bij de Universiteit van Amsterdam. Ze heeft onderzoek gedaan naar seksueel gedrag op internet bij jongeren. Volgens het onderzoek vertoont bijna 7 procent van de jongeren extreem seksueel risicogedrag op internet. Dit

gedrag begint rond het zestiende en zeventiende levensjaar. Later, rond hun negentiende, gedragen deze jongeren zich ook 'in het echt' zoals zij zich al eerder online gedroegen.

Voor het onderzoek volgde Susanne Baumgartner twee jaar lang 1765 jongeren. Zij constateerde dat 23 procent van de jongeren op internet naar seksuele partners zoekt, met vreemden over seks praat, foto's verstuurt en adressen uitwisselt met vreemden. Ongeveer één



op de vijftien jongeren neemt meerdere malen per jaar grote risico's op internet.

Ongewenst seksueel gedrag komt veel voor, ook op school. Ongewenst seksueel gedrag kan bijvoorbeeld nafluiten zijn, een arm om iemand leggen, seksueel getinte opmerkingen maken en pornografische afbeeldingen laten zien. Ook het verleiden of dwingen tot het verrichten van seksuele handelingen is ongewenst seksueel gedrag. Als iemand wordt gedwongen spreekt men van seksueel geweld.

## opdracht 3

Volgens het onderzoek van afbeelding 6 neemt één op de vijftien jongeren meerdere malen per jaar grote risico's op internet. In de tekst wordt een aantal risico's genoemd.

Welke risico's zijn volgens jou het grootst?

Vergelijk je antwoord met dat van medeleerlingen en maak een top-5 van de grootste risico's.

## EVOLUTIE

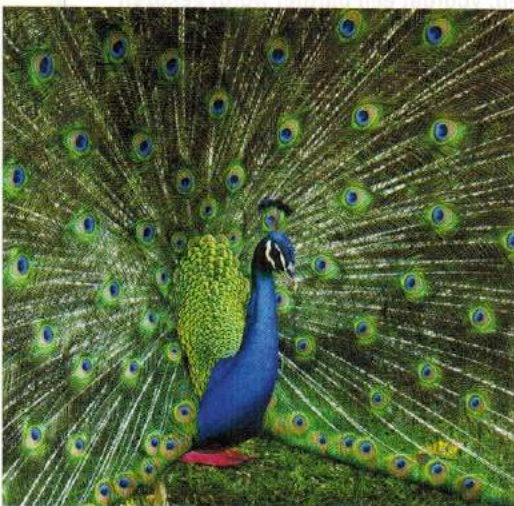
## SEKSUELE SELECTIE

Een soort overleeft doordat individuen in leven blijven en zich voortplanten (reproduceren). Genen voor eigenschappen die de kans op voortplanting vergroten, komen daardoor vaker in de nakomelingen voor dan eigenschappen die geen invloed of een negatieve invloed hebben op de voortplanting.

Om te overleven, bezitten organismen aanpassingen om bijvoorbeeld niet op te vallen of om een prooi te grijpen. Een kat heeft scherpe tanden en nagels en vertoont sluipgedrag. Deze eigenschappen vergroten de kans om in leven te blijven. Katten die in leven blijven en volwassen worden, kunnen zich voortplanten en nakomelingen krijgen. Zij geven dan hun genen door. Er vindt dus selectie plaats waardoor bepaalde eigenschappen wel worden doorgegeven en andere niet. In thema 1 heb je geleerd dat dit natuurlijke selectie wordt genoemd.

Organismen geven genen door aan hun nakomelingen. Door geslachtelijke voortplanting worden genen van twee individuen gemengd. Om je geslachtelijk voort te planten heb je een partner nodig. Het vinden van een partner en hem of haar tot voortplanting verleiden speelt daardoor een belangrijke rol. Mannelijke pauwen bezitten een lange staart die als een waaier kan worden opgezet (zie afbeelding 7). Om te overleven is deze staart nutteloos, maar hij blijkt een onweerstaanbare aantrekkingskracht op pauwenvrouwtjes te hebben. Door

## ▼ Afb. 7 Mannelijke pauw.





de voorkeur van de vrouwtjes hebben de pauwen met de mooiste staarten de meeste kans zich voort te planten en hun genen door te geven aan hun nakomelingen. Wanneer selectie plaatsvindt op grond van eigenschappen die de kans op voortplanten bevorderen, spreken we van **seksuele selectie**.

Seksuele selectie ontstaat ook vaak doordat mannetjes met elkaar wedijveren om vrouwtjes. De winnaar paart met de vrouwtjes en de ander heeft geen of weinig kans zich voort te planten. Vaak zijn bij deze soorten de mannetjes veel groter dan de vrouwtjes (zie afbeelding 8).

- **Afb. 8** Een zeeleeuwmannetje is meer dan twee keer zo groot als een vrouwtje.



#### EVOLUTIE opdracht 4

#### Beantwoord de volgende vragen.

Bij seksuele selectie maakt men onderscheid tussen intraseksuele selectie en interseksuele selectie. Bij intraseksuele selectie bestaat er concurrentie tussen individuen van hetzelfde geslacht. Bij interseksuele selectie kiest meestal een vrouwtjesdier op grond van bepaalde kenmerken voor een mannetjesdier. Het mannetje doet zijn best het vrouwtje te versieren.

- 1 Geef een voorbeeld van interseksuele selectie.
- 2 Bij zeeleeuwen zijn de mannetjes veel groter dan de vrouwtjes. Leg uit hoe intraseksuele selectie de grootte van een mannetje kan beïnvloeden.
- 3 Zeeleeuwmannetjes zijn twee tot drie keer zo groot als de vrouwtjes (zie tabel 1). Ondanks seksuele selectie wordt het verschil niet groter. Wat kan hiervoor een verklaring zijn?

#### ▼ Tabel 1

Zeeleeuwsoort	Gemiddeld gewicht	
	Mannetje	Vrouwtje
Australische zeeleeuw	275 kg	100 kg
Californische zeeleeuw	300 kg	75 kg
Manenrob	300 kg	150 kg
Nieuw-Zeelandse zeeleeuw	350 kg	160 kg
Steller zeeleeuw	700 kg	275 kg



## 2 Geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting

Tijdens de ontwikkeling van veel diersoorten ontstaan er verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke individuen. In de voortplanting hebben mannelijke en vrouwelijke individuen een verschillende rol. Er zijn ook soorten waarbij geen mannelijke en vrouwelijke individuen nodig zijn voor de voortplanting. In deze basisstof worden de voor- en nadelen van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting behandeld.

### MUTATIES

In thema 2 Cellen heb je geleerd dat cellen zich voortplanten (reproducen) door middel van celdeling. Voorafgaande aan de celdeling ontstaan kopieën van de DNA-moleculen, de replicatie. Na de replicatie bestaat een chromosoom uit twee identieke DNA-moleculen. Tijdens de deling krijgt iedere dochtercel een van beide DNA-moleculen. De dochtercellen hebben daardoor na de deling identieke chromosomen.

Dat is de theorie, maar in de praktijk gaat er nog al eens wat mis. Tijdens de replicatie kunnen er fouten optreden. Wat er precies fout gaat, leer je in deel 5 bij het thema DNA. Door de fouten verschillen de kopieën iets van elkaar. Veranderingen in het DNA die bijvoorbeeld tijdens de replicatie ontstaan, heten **mutaties**. Door mutaties kunnen verschillen ontstaan tussen de moedercel en de dochtercellen.

Stel je het DNA in een cel voor als een kookboek. Een kookboek bevat informatie over gerechten. Van ieder gerecht is beschreven hoe het moet worden gemaakt. Replicatie kun je dan voorstellen als het overtypen van het kookboek. Tijdens dit overtypen worden typefouten gemaakt. Een typefout is te vergelijken met een mutatie. In veel gevallen is de typefout niet ernstig. Als bijvoorbeeld 'gebruikt' in plaats van 'gebruikt' wordt getypt, begrijpt iedereen nog wat er moet gebeuren. Anders is het als in een recept 100 g staat en er in plaats van een 1 een 2 wordt getypt. Er staat dan 200 g en daardoor kan het gerecht mislukken. Zo gaat dat ook met mutaties in het DNA. Sommige mutaties hebben geen invloed, maar andere kunnen ernstige gevolgen hebben.

Bacteriën reproducen zich door celdeling. Onder gunstige omstandigheden kunnen bepaalde bacteriën zich iedere dertig minuten delen. Na één dag kan het DNA dus wel 48 keer zijn gekopieerd. Bij iedere deling treden mutaties op. Veel van de mutaties veroorzaken dat de informatie van het DNA verstoord raakt en dat de bacterie doodgaat. Alleen die bacteriën blijven leven waarbij de mutaties geen nadelig effect hebben. Uiteindelijk kunnen de mutaties ertoe leiden dat bacteriën verschillende eigenschappen hebben (zie de context 'MRSA-gevaar').



## MRSA-GEVAAR

Veel ziekenhuizen zijn bang dat er een uitbraak optreedt van de zogenoemde MRSA-bacterie. Om dit te voorkomen geven ziekenhuizen veel geld uit en zijn er strenge hygiëne-regels.

MRSA is de afkorting voor meticilline-resistente *Staphylococcus aureus*. Stafylokokken vormen een groep bacteriën die bolvormig zijn en die vaak onder een microscoop als een rijtje of groepje te zien zijn (zie afbeelding 9). *Aureus* is de soortnaam en betekent 'gouden'. Onder bepaalde omstandigheden zien de groepjes er als goudkleurige druiven uit. Deze bacterie komt onder andere veel voor bij vee. Ook bij mensen komt deze bacterie vaak op de huid voor. Meestal is ze niet schadelijk, maar bij verwondingen veroorzaakt de bacterie soms ernstige ontstekingen.

Na de ontdekking van penicilline, het eerste antibioticum, konden artsen eindelijk de infecties van deze bacterie bestrijden. Helaas bleken sommige bacteriën ongevoelig te zijn voor penicilline. In het begin kwam de resistente stam niet veel voor. Doordat de niet-resistente bacteriën dood gingen, konden de resistente zich extra goed voortplanten. Steeds vaker had penicilline geen effect meer bij een infectie met *Staphylococcus aureus*. Ondertussen werden er meer stoffen gevonden die bacteriën doden, maar steeds opnieuw ontstonden er bacteriestammen die resistent bleken te zijn.

▼ Afb. 9 *Staphylococcus aureus*, 1300x (SEM, gekleurd).



Meticilline is een antibioticum dat ook goed werkte tegen infecties met *Staphylococcus aureus*. Helaas blijken er ook bacteriestammen te zijn die resistent zijn tegen meticilline. Deze stammen worden aangeduid met de naam MRSA. MRSA-bacteriën zijn niet alleen resistent tegen meticilline, maar tegen veel soorten antibiotica, waardoor het moeilijk is infecties met MRSA-bacteriën te bestrijden. Onderzoek heeft aangetoond dat de resistentie bij bacteriën ontstaat door mutaties. De mutaties zorgen ervoor dat er verschillen bestaan tussen de nakomelingen.

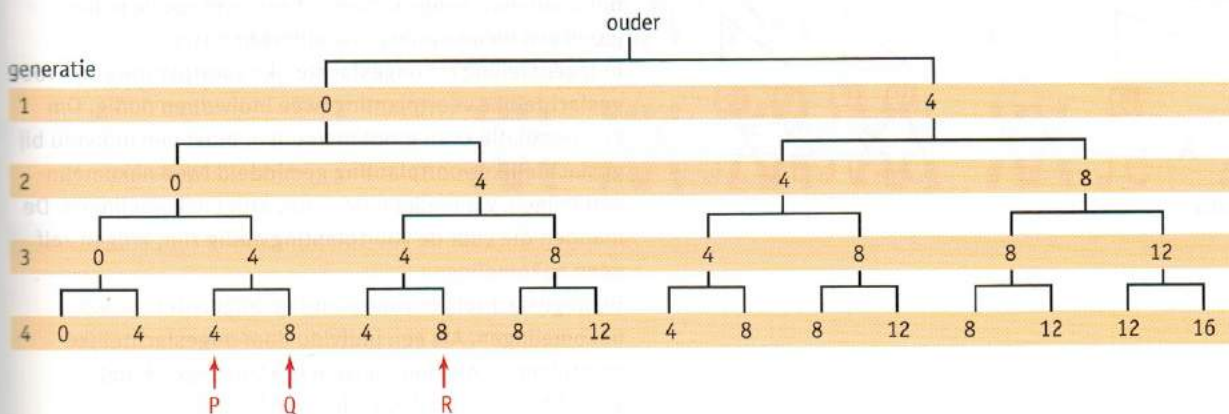
### opdracht 5

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is een mutatie?
- 2 Tijdens welk proces in de celcyclus treden vaak mutaties op?

In afbeelding 10 is een stamboom weergegeven. De stamboom begint met één bacterie, de ouder. Stel dat bij iedere replicatie van het DNA vier mutaties optreden. De ouder deelt, waardoor generatie 1 ontstaat. Een van de nakomelingen heeft geen mutaties in zijn DNA, de andere heeft er vier. Beide delen zich waardoor vier nakomelingen ontstaan, generatie 2. Alle bacteriën in generatie 2

▼ Afb. 10

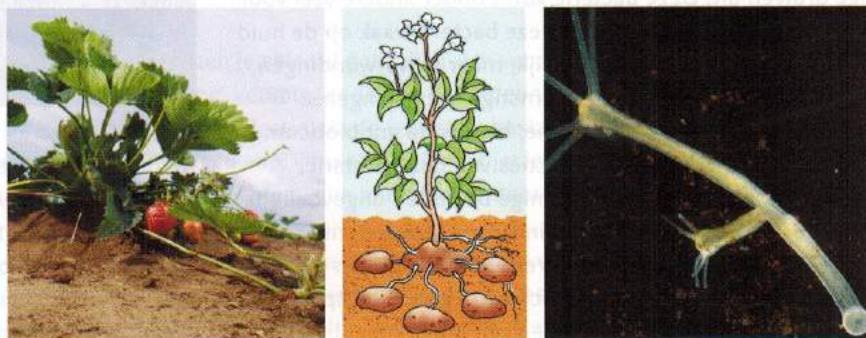




delen zich, waardoor generatie 3 ontstaat. Op dezelfde manier ontstaat generatie 4. De getallen in de stamboom geven het aantal mutaties in de betreffende bacterie weer vergeleken met het DNA van de ouderbacterie. De vragen 3 tot en met 6 gaan over de stamboom in afbeelding 10.

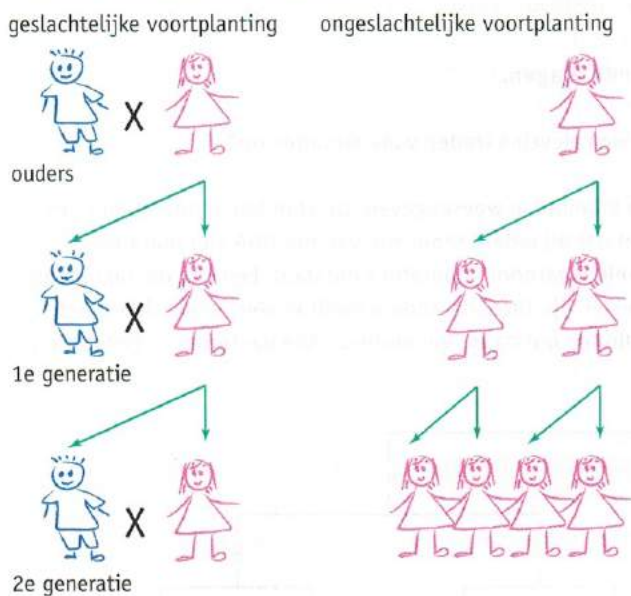
- 3 In de eerste generatie heeft één bacterie nul en de andere vier mutaties. Verklaar waardoor een van beide bacteriën geen mutaties in zijn DNA heeft.
- 4 Hoeveel keer heeft in deze stamboom replicatie van DNA plaatsgevonden?
- 5 In generatie 2 zijn er twee bacteriën met vier mutaties. Zijn dit dezelfde mutaties? Leg je antwoord uit.
- 6 In generatie 4 zijn drie individuen met P, Q en R aangegeven. Hoeveel verschillen in het DNA zijn er tussen de individuen P en Q en hoeveel tussen de individuen P en R?

► Afb. 11 Ongeslachtelijke voortplanting.



1 aardbeiplanten vormen uitlopers 2 een aardappelplant 3 knopvorming bij een poliep vormt knollen

▼ Afb. 12 Het nadeel van geslachtelijke voortplanting.



### HET NADEEL VAN SEKS

Prokaryoten en de meeste protisten planten zich voort door zich in tweeën te delen. Iedere cel groeit weer uit tot een nieuw organisme. Voor de voortplanting is maar één organisme nodig. Dit wordt **ongeslachtelijke voortplanting** genoemd. Ook schimmels, planten en sommige dieren kunnen zich ongeslachtelijk voortplanten. Aardbeien kunnen bijvoorbeeld uitlopers vormen. Aan de uitlopers ontstaan nieuwe aardbeiplanten (zie afbeelding 11.1). Aan aardappelplanten ontstaan knollen. Iedere aardappel kan weer uitgroeien tot een nieuwe aardappelplant (zie afbeelding 11.2). Bij poliepen (dieren) kunnen nieuwe poliepen ontstaan door knopvorming. Uit een deel van de poliep groeit een nieuwe poliep (zie afbeelding 11.3).

In tegenstelling tot ongeslachtelijke voortplanting zijn voor geslachtelijke voortplanting twee individuen nodig. Om een populatie even groot te houden, moet een individu bij geslachtelijke voortplanting gemiddeld twee nakomelingen krijgen, want alleen de vrouw krijgt nakomelingen. De mannen die voor de voortplanting nodig zijn, krijgen zelf geen nakomelingen.

Bij ongeslachtelijke voortplanting krijgt ieder individu nakomelingen. Als een individu door ongeslachtelijke voortplanting gemiddeld twee nakomelingen krijgt, verdubbelt de populatie (zie afbeelding 12).



Bij geslachtelijke voortplanting versmelt de kern van een cel van een individu met de kern van een cel van een ander individu. Dit versmelten van twee kernen heet **bevruchting**.

Veel dieren investeren eerst in het vinden van een geschikte partner, waarmee ze vervolgens seks hebben, zodat de zaadcel bij de eicel kan komen. Dit alles kost tijd en veel energie.

Tijdens de bevruchting verdubbelt het aantal chromosomen. De cellen van het organisme dat uit de bevruchte cel ontstaat, bevatten daardoor allemaal dit dubbele aantal chromosomen. Om opnieuw te kunnen voortplanten ontstaan er cellen die weer het oorspronkelijke aantal chromosomen bevatten. Deze cellen heten **geslachtscellen**. Geslachtscellen worden ook wel **gameten** genoemd. Eicellen zijn de vrouwelijke geslachtscellen en zaadcellen de mannelijke. Bij ongeslachtelijke voortplanting hoeven geen aparte gameten te worden gevormd.

### VOORDELEN VAN SEKS

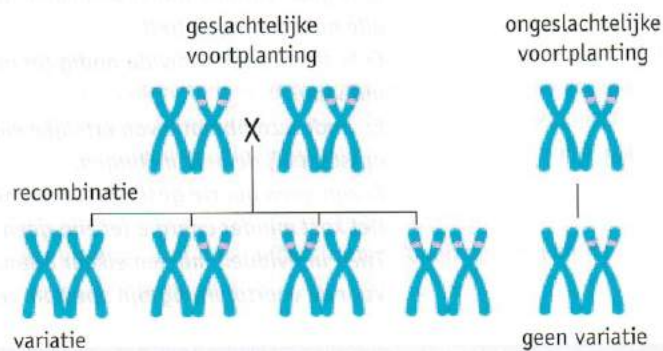
Tijdens een celdeling kunnen mutaties ontstaan. Hierdoor ontstaan verschillen tussen de nakomelingen. Bij **geslachtelijke voortplanting** fuseren twee cellen tot een nieuwe cel. Hierdoor bevat de nieuwe cel ieder chromosoom dubbel, maar die chromosomen zijn niet helemaal gelijk. De erfelijke informatie van beide ouders is gemengd. Dit wordt **recombinatie** genoemd. Door de recombinatie van de chromosomen zijn de nakomelingen niet exact gelijk aan de ouders en ook onderling verschillen ze. Dit wordt **variatie** genoemd (zie afbeelding 13).

De kleine verschillen in het DNA die door mutaties ontstaan, worden bij ongeslachtelijke voortplanting direct doorgegeven aan de nakomeling. Bij geslachtelijke voortplanting gebeurt dit niet altijd.

Door geslachtelijke voortplanting ontstaat veel meer variatie in de nakomelingen dan bij ongeslachtelijke. Het kan bijvoorbeeld een eigenschap zijn waardoor individuen van een populatie in een iets koudere omgeving beter overleven of minder snel ziek worden van een bepaalde ziekteverwekker. Wanneer het dan kouder wordt of er een ziekte uitbreekt, kunnen meer individuen overleven of ze kunnen in een gebied overleven waar ze eerder niet konden overleven.

Bijna alle meercellige organismen kunnen zich geslachtelijk voortplanten. Dit lijkt er op te wijzen dat het hebben van veel variatie in de nakomelingen belangrijk is om te kunnen overleven.

- **Afb. 13** Door recombinatie ontstaan bij de nakomelingen variaties.





## opdracht 6

## Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 14.

- 1 Ontstaan nieuwe variëteiten door geslachtelijke of door ongeslachtelijke voortplanting?
- 2 Is oculeren een vorm van ongeslachtelijke voortplanting? Leg je antwoord uit.
- 3 Een nieuwe, witte rozenvariëteit wordt geplaatst op een onderstam van een wilde roos met roze bloemen.  
Zullen de bloemen van de op deze manier gekweekte roos roze, lichtroze of wit zijn? Leg je antwoord uit.
- 4 Welk voordeel heeft oculeren voor een rozenkweker?

▼ Afb. 14

### Rozen kweken



Rozenkwekerijen proberen door het kruisen van rozen nieuwe variëteiten te krijgen. Wanneer een mooie sterke roos door kruisen is verkregen, wil men die snel vermeerderen om te kunnen verkopen. Meestal vermeerderen rozenkwekerijen rozen door middel van oculeren. Aan de nieuw gekweekte rozenstruik ontstaan takken. Op de plaats waar de bladeren aan de stengel zitten, bevinden

zich okselknoppen. Met een speciaal oculerermes worden okselknoppen met een stukje bast van de takken gesneden. De knop wordt dan onder de bast van de stam van een andere rozenplant geschoven (zie de afbeelding). De onderstam is vaak afkomstig van wilde rozenplanten die makkelijk in grote aantallen kunnen worden gekweekt. Zo verkrijgt men in korte tijd een groot aantal planten met de nieuwe rozenvariëteit.

onderstam

## opdracht 7

Hieronder staan kenmerken van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting. Neem het schema over en vul de kenmerken op de juiste plaats in het schema in.

- De helft van de populatie krijgt geen nakomelingen.
- De nakomelingen hebben dezelfde erfelijke eigenschappen als de ouder.
- De nakomelingen stellen dezelfde eisen aan hun omgeving, waardoor veel concurrentie ontstaat.
- Een ziekte treft niet alle nakomelingen.
- Er is een grotere kans op nakomelingen die in een andere omgeving kunnen overleven.
- Er is geen bevruchting nodig.
- Er is geen variatie onder de nakomelingen, waardoor bijvoorbeeld een ziekte alle nakomelingen treft.
- Er is slechts één individu nodig (er hoeft niet te worden gezocht naar een ander individu).
- Er vindt recombinatie van erfelijke eigenschappen plaats waardoor er variatie ontstaat bij de nakomelingen.
- Er zijn geen aparte geslachtscellen nodig.
- Het kost minder energie (er zijn geen mannen nodig).
- Twee individuen moeten elkaar ontmoeten en bereid zijn tot paring.
- Voor de voortplanting zijn speciale cellen nodig: voortplantingscellen.

	Ongeslachtelijke voortplanting	Geslachtelijke voortplanting
Voordelen		
Nadelen		



# 3 Geslachtscellen

Er komt nogal wat bij kijken om je geslachtelijk voort te planten, alleen al doordat er een geschikte partner nodig is. Maar ook op het niveau van cellen zijn er aanpassingen nodig voor geslachtelijke voortplanting.

## EEN DUBBEL AANTAL CHROMOSOMEN

Bij geslachtelijke voortplanting vindt bevruchting plaats. De kern van een eicel en een zaadcel versmelten. De nieuwe cel heeft het dubbele aantal chromosomen en de informatie van beide cellen. Door celdeling ontstaat uit de bevruchte cel een nieuw organisme. Alle cellen bevatten daardoor het dubbele aantal chromosomen. Wanneer dit organisme zich opnieuw geslachtelijk voortplant, zou het aantal chromosomen opnieuw verdubbelen. Dit zou ertoe leiden dat cellen van organismen steeds meer chromosomen gaan bevatten. Dit is niet het geval. Hoewel er organismen bestaan met heel grote aantallen chromosomen, geldt toch dat voor de meeste organismen dit aantal ruim onder de honderd ligt (zie tabel 2).

▼ **Tabel 2** Het aantal chromosomen per cel bij verschillende soorten.

Soort	Aantal chromosomen per celkern
Fruitvlieg	8
Erwt	14
Rijst	24
Gist	32
Kat	38
Mens	46
Chimpansee	48
Gorilla	48
Olifant	56
Rund	60
Ezel	62
Paard	64
Hond	78
Heremietkreeft	254

▼ **Afb. 15** Een heremietkreeft heeft 254 chromosomen in iedere cel.



Het aantal chromosomen in de cellen van een organisme is constant en verandert niet door geslachtelijke voortplanting. Om dit aantal constant te houden, vindt in de levenscyclus een reductie van het aantal chromosomen plaats. Bij mensen en veel andere meercellige organismen vindt deze reductie plaats tijdens de productie van geslachtscellen.

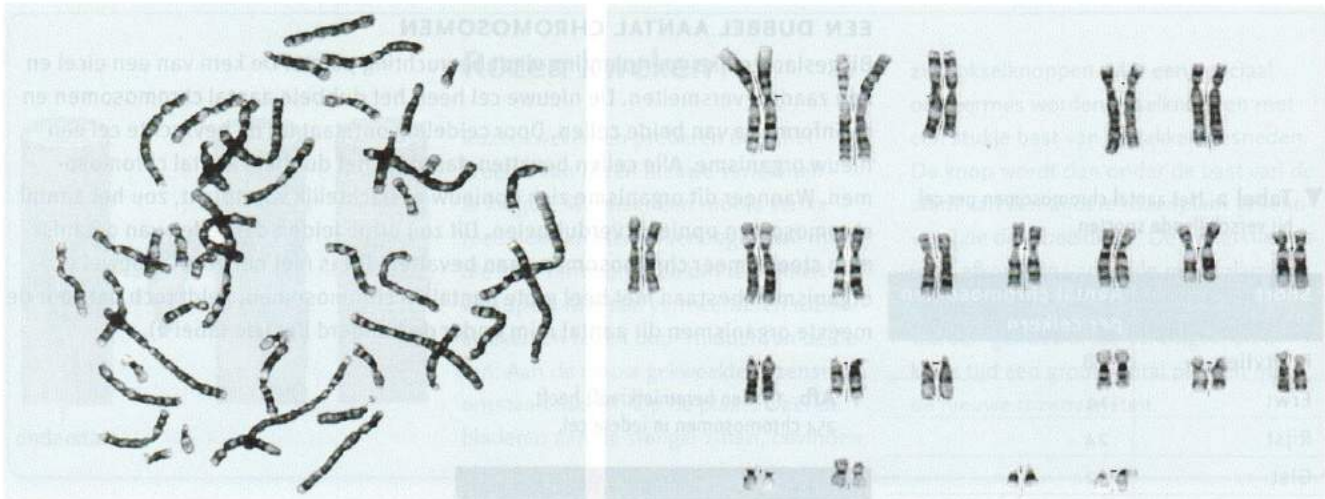
### opdracht 8

Leg uit waardoor het aantal chromosomen per cel van de organismen in tabel 2 steeds een even getal is.



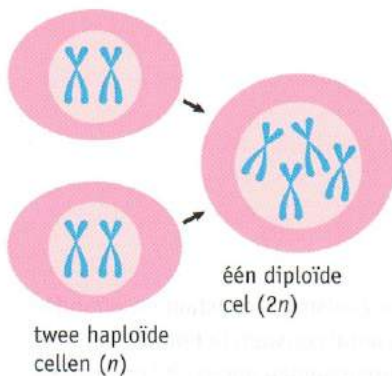
**MEIOSE**

De cellen van je lichaam bevatten 46 chromosomen. Alleen bij delende cellen zijn chromosomen met een lichtmicroscop te zien. Afbeelding 16.1 is een microscopische foto van de chromosomen van een vrouw. De chromosomen komen in paren voor. De twee chromosomen van zo'n paar zijn even lang, hebben dezelfde vorm en de lichte en donkere bandjes liggen op dezelfde plaats. Een mens heeft 23 paar chromosomen in een celkern. In afbeelding 16.2 zijn de chromosomenparen gegroepeerd. Van ieder paar is het ene chromosoom afkomstig van de eicel en het andere van de zaadcel. Zo'n weergave heet een **karyogram**.

▼ **Afb. 16** Chromosomen van een vrouw.

1 microscopische foto

2 gegroepeerd in paren

▼ **Afb. 17** Bevruchting (schematisch,  $n = 2$ ).

Lichaamscellen bevatten dus een dubbele set chromosomen. Cellen met een dubbele set chromosomen noemen we **diploïd**. Diploïd is afkomstig van een Grieks woord dat 'in tweevoud' betekent. Geslachtscellen bevatten een enkele set chromosomen. Cellen met een enkele set chromosomen worden **haploïd** genoemd. Haploïd betekent 'enkelvoudig'.

Het aantal paren chromosomen in lichaamscellen van een mens is 23 en in totaal zijn het 46 chromosomen. Dit aantal van 46 wordt ' **$2n$** ' genoemd. Met ' $n$ ' wordt dan het aantal verschillende chromosomen bedoeld en met ' $2$ ' wordt aangegeven dat het om paren gaat. Een diploïde cel bevat dus altijd  $2n$  chromosomen.

In geslachtscellen komen geen paren voor. Een eicel bevat 23 chromosomen en een zaadcel ook. Het aantal chromosomen wordt aangegeven met ' $n$ '. Haploïde cellen bevatten dus  $n$  chromosomen.

Tijdens de bevruchting versmelten de kernen van twee haploïde cellen met ieder  $n$  chromosomen tot één nieuwe kern. De bevruchte eicel (**zygote**) is dus diploïd en bevat  $2n$  chromosomen. In afbeelding 17 is de bevruchting schematisch getekend bij een cel met twee paar chromosomen.

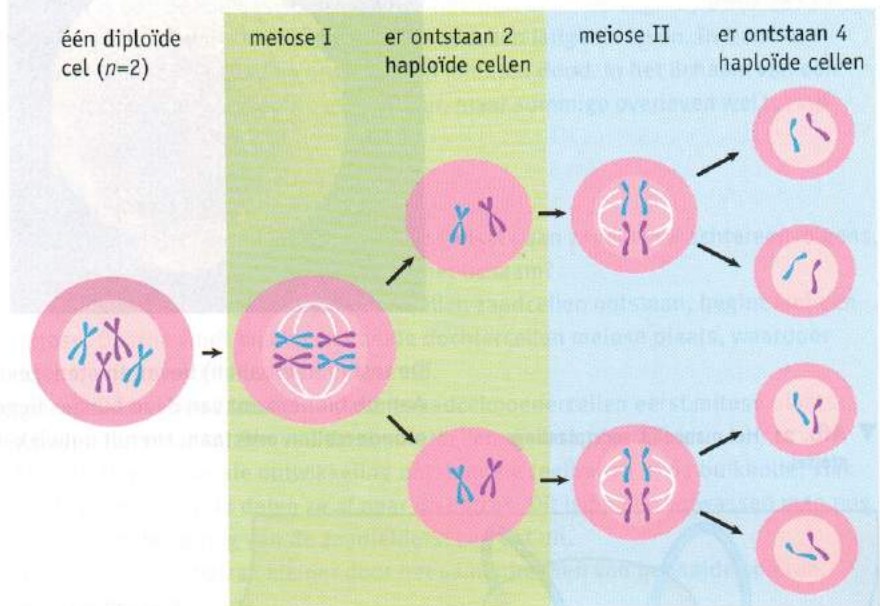
Na de bevruchting groeit de diploïde zygote uit tot een organisme. Alle cellen die ontstaan zijn diploïd, behalve de geslachtscellen. Geslachtscellen ontstaan in voortplantingsorganen. Bij mannen zijn dit de **teelballen** (testes, enkelvoud = **testis**) en bij vrouwen de **eierstokken** (ovaria).

Het proces waarbij geslachtscellen ontstaan, heet **meiose**. Bij mensen vindt meiose alleen plaats in de teelballen en eierstokken. De meiose bestaat uit twee opeenvolgende delingen.



De eerste deling heet **meiose I**. Hierbij ontstaan uit een diploïde cel twee haploïde cellen. De tweede deling heet **meiose II**. Aan het begin van de meiose bestaat ieder chromosoom uit twee chromatiden. Na meiose I bestaan de chromosomen nog steeds uit twee chromatiden. Tijdens meiose II worden de chromatiden uiteen getrokken. Na meiose II bestaan de chromosomen daardoor uit nog maar één DNA-keten. Door meiose ontstaan vier haploïde geslachtscellen (zie afbeelding 18).

► **Afb. 18** Meiose (schematisch).



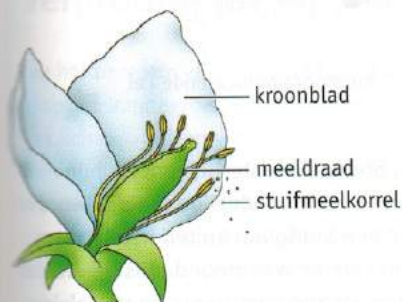
### opdracht 9

#### Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 3 tabel 2.

- Hoeveel chromosomen bevat een cel in de huid van een mens?
- Hoeveel chromosomen bevat een zaadcel van een mens?
- Iemand onderzoekt weefsel van een paard. Hij ontdekt dat in het weefsel cellen met 32 chromosomen voorkomen.  
Kan dit weefsel afkomstig zijn van de lever van het paard? Leg je antwoord uit.
- Voor welke soort uit tabel 2 geldt  $n = 12$ ?
- Een bepaalde cel van een fruitvlieg bevat  $n$  chromosomen.  
Hoeveel chromosomen bevat die cel?
- Een bepaalde cel van een huiskat bevat negentien chromosomen.  
Is deze cel een lichaamscel of een voortplantingscel? Leg je antwoord uit.
- In de bloem van een erwtenplant komen kroonbladeren en meeldraden voor (zie afbeelding 19). Een celkern uit een kroonblad bevat veertien chromosomen.  
Hoeveel chromosomen bevat een celkern uit een helm draad? En hoeveel chromosomen bevat de kern van een stuifmeelkorrel? Leg je antwoord uit.
- Je kunt de mitose met het volgende schema weergeven:  
 $2n \rightarrow 2n + 2n$ .  
Je kunt de meiose met een soortgelijk schema weergeven.  
Neem het volgende schema over en vul het verder in.  
 $2n \rightarrow \dots + \dots \rightarrow n \dots n \dots n \dots n$
- In *Binas* en *Biodata* is de meiose met verschillende fasen weergegeven.  
Hoe heet de fase waarbij de chromosomen in paren in het midden van de cel liggen?

▼ **Afb. 19** Bloem van een erwtenplant.

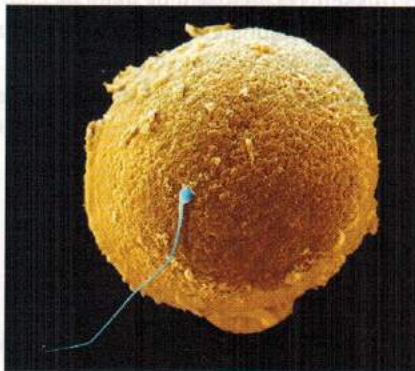




**ZAADCELLEN**

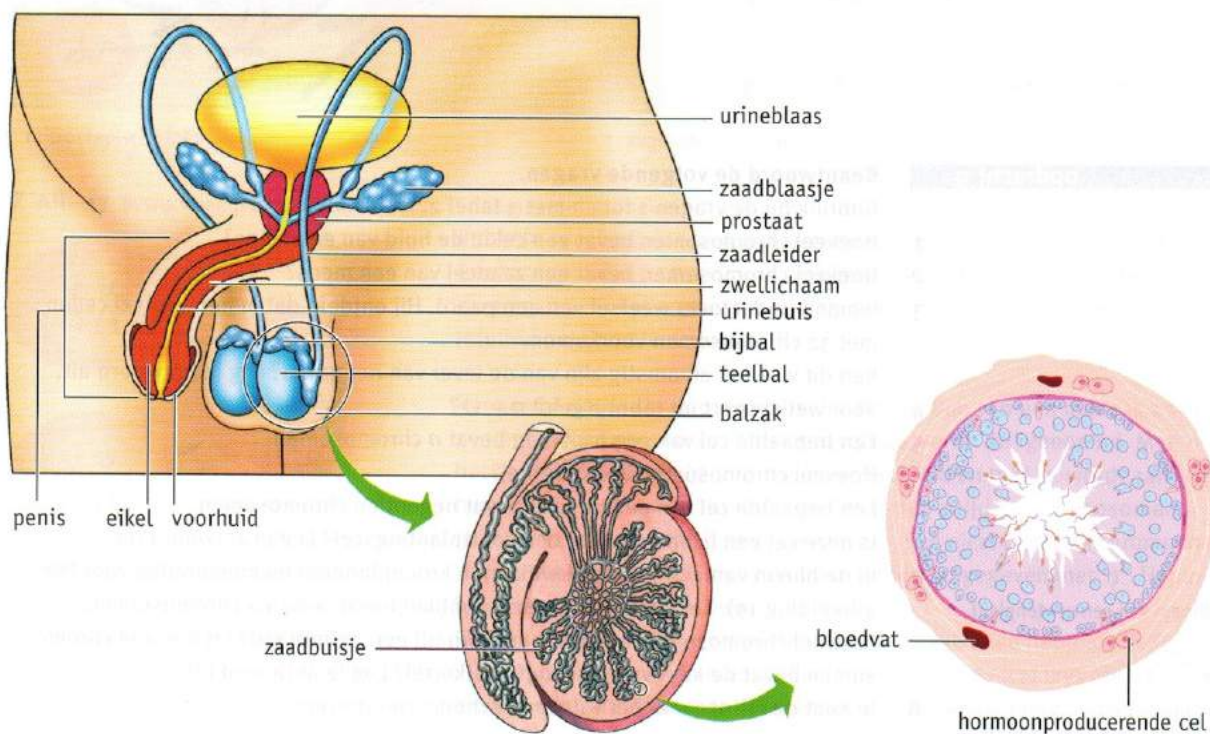
Bij veel organismen zijn mannelijke en vrouwelijke geslachtscellen niet gelijk. Bij mensen bijvoorbeeld is de **eicel** veel groter dan de **zaadcel (spermaceel)**. De zaadcel heeft een zweepstaart waarmee hij kan bewegen (zie afbeelding 20).

- **Afb. 20** Een zaadcel bevrucht een eicel (SEM).



De testes (teelballen) bevatten sterk gekronkelde zaadbuisjes (zie afbeelding 21). Aan de binnenkant van deze buisjes liggen cellen die zich delen, waardoor zaadcelmoedercellen ontstaan. Hieruit ontwikkelen zich zaadcellen.

- ▼ **Afb. 21** Het mannelijk voortplantingsstelsel.



De zaadbuisjes lopen door tot in de **bijballen**, die op de testes liggen. Na hun productie komen de zaadcellen in de bijballen, waar de zaadcellen tijdelijk worden opgeslagen. De testes en de bijballen liggen in een huidplooi buiten het lichaam, de **balzak** of het scrotum. Onder de huid liggen spieren waardoor de testes dichter tegen het lichaam aangetrokken kunnen worden. De temperatuur in de balzak is ongeveer twee graden lager dan die in de buikholte; dat is gunstig voor de ontwikkeling van de zaadcellen.



Door seksuele opwinding wordt de penis stijf. De **zwellichamen** vullen zich dan met bloed. Door verdere prikkeling van de eikel krijgt een man een orgasme. Tijdens het orgasme heeft hij een **zaadlozing** (ejaculatie). De zaadcellen gaan via de **zaadleider** vanaf de bijballen naar de **urinebuis**. De **zaadblaasjes** en de **prostaat** voegen vocht toe. Dit vocht bevat verschillende stoffen, waaronder eiwitten en energierijke stoffen. Het vocht met de zaadcellen heet nu **sperma**. Sperma is een beetje basisch, waardoor het milieu van de vagina na een zaadlozing minder zuur is. Hierdoor blijven zaadcellen langer in leven. Buiten het lichaam gaan zaadcellen na ongeveer vijf minuten dood. In het lichaam van een vrouw leven ze meestal zo'n 24 tot 48 uur, maar sommige overleven wel tot vijf dagen.

**opdracht 10****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Door welke delen van het voortplantingsstelsel gaan zaadcellen achtereenvolgens, vanaf de plaats van vorming tot buiten het lichaam?
- 2 Het proces waarbij uit zaadcelmoedercellen zaadcellen ontstaan, begint met een mitose. Daarna vindt bij een van beide dochtercellen meiose plaats, waardoor uiteindelijk zaadcellen worden gevormd. Leg uit dat het noodzakelijk is dat bij zaadcelmoedercellen eerst mitose plaatsvindt en dat maar bij één van de dochtercellen meiose plaatsvindt.
- 3 Tijdens de embryonale ontwikkeling ontstaan de teelballen in de buikholte, vlak bij de nieren. Daarna dalen ze af naar de balzak. Dit is bij een volwassen man nog te zien aan de ligging van de zaadleiters. Leg dat uit.
- 4 Bij kou wordt de balzak kleiner door het samentrekken van bepaalde spieren. Wat is hiervan het nut?
- 5 Een klein percentage van de geproduceerde zaadcellen is misvormd. Tijdens koorts kan dit echter oplopen tot ongeveer 20%. Leg dat uit.
- 6 Vocht uit de zaadblaasjes bevat onder andere een suiker, fructose. Uit fructose kan net als uit glucose energie worden vrijgemaakt. Zaadcellen bevatten relatief veel mitochondriën.

Leg het verband uit tussen de fructose in sperma, het relatief grote aantal mitochondriën in zaadcellen en de beweeglijkheid van zaadcellen.

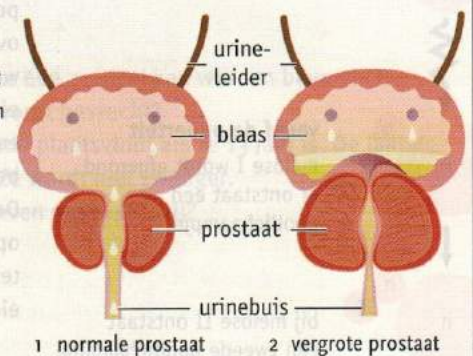
**opdracht 11****Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 22.**

- 1 Welke functie heeft de prostaat bij de voortplanting?
- 2 Waaraan kan een man merken dat hij misschien een vergrote prostaat heeft?

▼ **Afb. 23****Goedaardige prostaatvergroting (BPH)**

Na het bereiken van de volwassenheid stopt de lengtegroei. Andere delen van het lichaam blijven wel groeien. Van de haren en de nagels is dat wel bekend, maar ook de oren en de neus worden steeds groter. Deze groei gaat wel heel langzaam. De prostaat blijft ook groeien. De arts noemt de goedaardige vergroting van de prostaat meestal BPH:

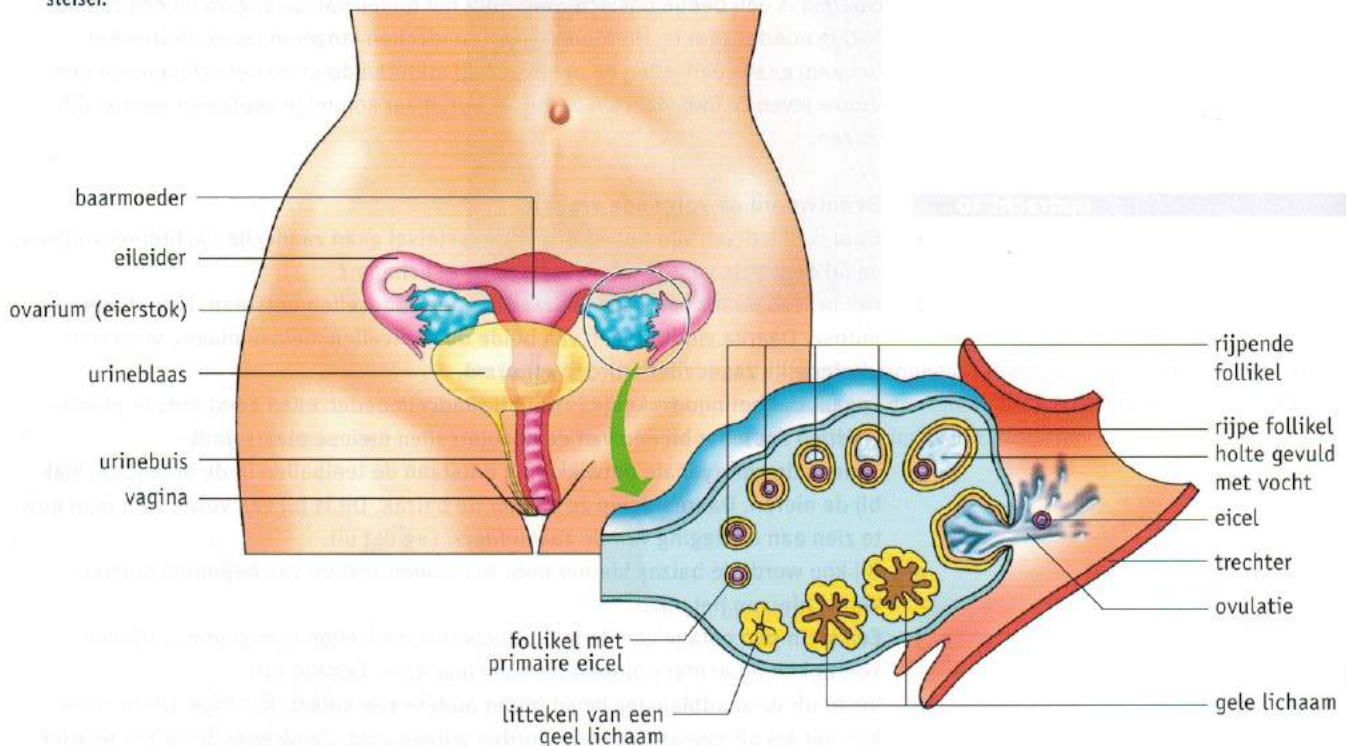
benigne prostaathyperplasie. Hier krijgt bijna iedere man ooit mee te maken, maar niet iedereen heeft er last van. Bij ongeveer 30% van alle mannen is de prostaat zodanig vergroot dat hij er last van krijgt. In eerste instantie zal worden geprobeerd met bepaalde geneesmiddelen de groei te stoppen of zelfs de prostaat kleiner te laten worden. In het uiterste geval vindt een laserbehandeling plaats of een operatie waarbij de prostaat wordt verkleind.



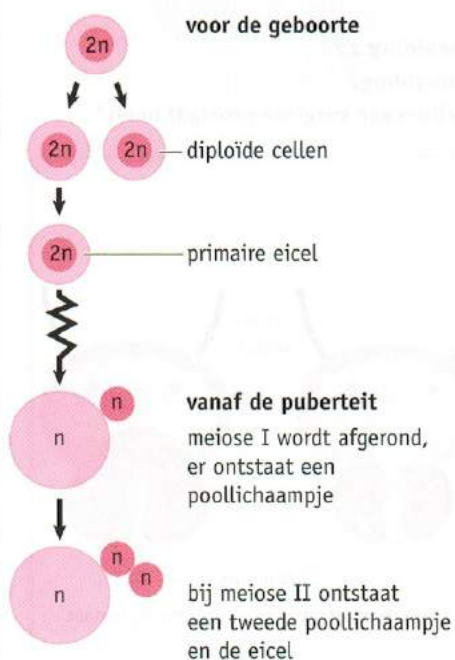


- 3 Soms blijft bij een vergrote prostaat urine achter in de blaas, waardoor er steeds druk op de sluitspier staat. Hierdoor komt er voortdurend een beetje urine in de urinebuis. Urine is zuur.  
Welk gevolg heeft het als urine bij het sperma komt?

▼ Afb. 23 Het vrouwelijk voortplantingsstelsel.



▼ Afb. 24 Ontwikkeling van de eicel (schematisch).



#### EICELLEN

Eicellen ontstaan bij de mens in de **ovaria (eierstokken)**. Bij de geboorte bevinden zich in de ovaria enkele miljoenen cellen waaruit zich alle eicellen zullen ontwikkelen. Deze primaire eicellen bevinden zich in het beginstadium van de meiose en zijn op dat moment nog diploïd. Iedere eicel is omgeven door een blaasje. Het blaasje met de eicel heet **follikel**. Aan het begin van de puberteit begint in één van de ovaria een eicel zich verder te ontwikkelen. De follikel groeit waarbij hij vocht opneemt (zie afbeelding 23). Nu gaat de eicel pas verder met de meiose. De eicel, die ondertussen al flink is gegroeid, deelt ongelijk in twee haploïde cellen: een kleine cel met vrijwel geen cytoplasma en een grote eicel. De kleine cel wordt poollichaampje genoemd (zie afbeelding 24). De follikel is nu groot en puilt uit het ovarium. De follikel neemt erg veel vocht op, waardoor hij openbarst en de eicel wordt uitgestoten. Dit heet de **ovulatie** (eisprong). Het follikelweefsel dat in de eierstok achterblijft, wordt het **gele lichaam** genoemd. Ovulatie vindt gemiddeld eenmaal in ongeveer vier weken plaats. Dit gebeurt meestal afwisselend in een van beide eierstokken.

De vrijgekomen eicel wordt door het trechtervormige uiteinde van de **eileider** opgevangen. Een onbevuchte eicel blijft na de ovulatie 12 tot 24 uur in leven, tenzij er bevruchting plaatsvindt. Zonder bevruchting sterft de eicel, waarbij de eicel uiteenvalt en verdwijnt.

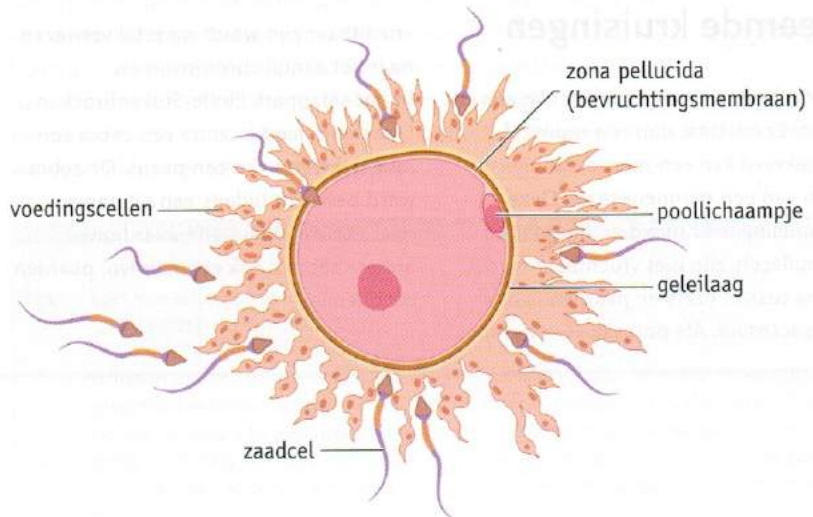


**BEVRUCHTING**

De **vagina** is geen geschikte omgeving voor zaadcellen. Ondanks dat het sperma-vocht de zaadcellen enigszins beschermt, gaan er veel dood. Toch lukt het vaak een deel van de zaadcellen om de baarmoedermond te bereiken en vandaar via de **baarmoeder** naar de eileiders te zwemmen. Als in een eileider een eicel aanwezig is, kan bevruchting plaatsvinden.

De eicel is omgeven door voedingscellen, een geleachtige laag en een laag die de zona pellucida heet (zie afbeelding 25). Door het binnendringen van de kop van de zaadcel ontstaan een aantal veranderingen die er onder andere voor zorgen dat de zona pellucida ondoordringbaar wordt voor andere zaadcellen. Deze ondoordringbare laag noemt men ook wel het **bevruchtingsmembraan**. Hiermee wordt voorkomen dat meerdere zaadcellen een eicel bevruchten.

► Afb. 25 Bevruchting bij de mens.

**opdracht 12**

In afbeelding 26 is de voortplanting bij de mens schematisch weergegeven. Elke cirkel stelt een cel voor.

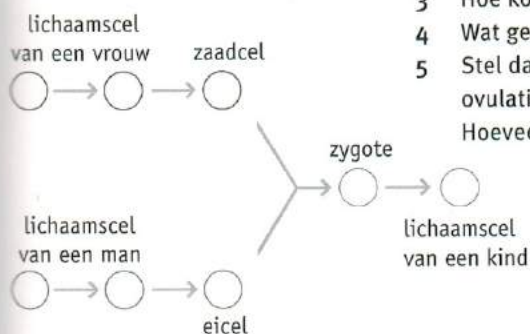
- Neem deze afbeelding over in je schrift.
- Noteer bij de juiste pijlen: *bevruchting* – *meiose I* ( $2\times$ ) – *meiose II* ( $2\times$ ) – *mitose*.
- Noteer in elke cel of deze  $23$  ( $n$ ) chromosomen bevat of  $46$  ( $2n$ ).
- Noteer bij elke cel of deze diploïd is of haploïd.

**opdracht 13**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Door welke delen van het voortplantingsstelsel van een vrouw gaan zaadcellen achtereenvolgens, vanaf de plaats van de zaadlozing tot ze mogelijk een eicel ontmoeten?
- 2 Wat is ovulatie?
- 3 Hoe komt het dat een eicel slechts door één zaadcel kan worden bevrucht?
- 4 Wat gebeurt er met een eicel die niet wordt bevrucht?
- 5 Stel dat bij een meisje de eerste ovulatie plaatsvindt als ze 13 jaar is. De laatste ovulatie vindt plaats als ze 50 jaar is. Ze wordt niet zwanger. Hoeveel eicellen komen tijdens haar leven ongeveer vrij?

▼ Afb. 26





## opdracht 14

## Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 27.

- 1 Welk aantal chromosomen verwacht je in cellen van een muilezel en een muildier aan te treffen? Licht je antwoord toe.
- 2 Tijdens welke fase van de meiose treedt er bij muilezels en muildieren een probleem op in verband met het aantal chromosomen in de cellen?
- 3 De kruising van een paard met een zebra in afbeelding 28 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 voorpoten alleen chromosomen van het paard zitten.

## ▼ Afb. 27

## Vreemde kruisingen

Een ezelin kan zwanger raken van een paard. Er ontstaat dan een muilezel. Omgekeerd kan een merrie zwanger raken van een mannetjesezel. Deze nakomeling heet muildier. Muildieren en muilezels zijn niet vruchtbaar en de paring tussen ezels en paarden is dus niet succesvol. Als oorzaak voor het niet

vruchtbaar zijn wordt meestal verwezen naar het aantal chromosomen. In het safaripark Holte-Stukenbrock in Duitsland heeft in 2007 een zebra een jong gekregen van een paard. De zebra werd bevrucht tijdens een uitstapje naar een ranch in Italië waar buiten andere zebra's ook een handvol paarden rondliep.



Een kruising tussen een zebra en een paard.



# 4 Hormonen

In basisstof 1 heb je geleerd dat geslachtshormonen stoffen zijn die een rol spelen bij de voortplanting. Hormonen spelen een rol bij processen in het lichaam, zoals het ontstaan van secundaire geslachtskenmerken in de puberteit. Hormonen hebben ook invloed op hoe iemand zich voelt.

Bij mannen is de concentratie geslachtshormonen vanaf hun puberteit vrij constant. Bij vrouwen verandert de concentratie van verschillende hormonen tijdens de menstruatie, rond de eisprong, tijdens de zwangerschap, na een bevalling en tijdens de overgang. Sommige vrouwen hebben erg veel last van de wisselende concentratie hormonen en reageren er heftig op. Ze kunnen allerlei klachten hebben zoals pijnlijke borsten, een opgeblazen gevoel, zich prikkelbaar, depressief of zelfs agressief voelen. Wanneer deze klachten regelmatig op bepaalde momenten tijdens de maand optreden, kan een vrouw PMS (premenstrueel syndroom) hebben (zie afbeelding 28).

► Afb. 28

Registreer | Informatie | Zoeken | Actieve Onderwerpen | Links | Inloggen

**Ega** **Last van mijn hormonen**  
 □ Geplaatst: 15-07-2012 19:58

Hebben jullie ook zo'n psychische last van PMS? Ik voelde me tot een dag of tien geleden heel goed in mijn vel, was echt aan het genieten van de zomer. Toen begon ik ineens te piekeren, en het werd elke dag erger. Ik voelde me verschrikkelijk verdrietig, alsof er een diepe put in mij zat, ik had echt heel zwarte gedachten en begon voor het minste te huilen. Toen werd ik ineens ongesteld en was het over.

Nu ik erover nadenk heb ik dat elke maand wel een beetje, maar het wordt steeds erger en erger! Vroeger was ik gewoon een dagje slecht gehumeurd en had ik buikpijn, maar dit was echt wel wat anders.

Groetjes.

>>reageer

---

Reactie

□ Geplaatst: 15-07-2012 20:39

Die rothormonen ook, ik zie er ook altijd tegen op. Beste is om die dagen rustig aan te doen, gezond te eten, op tijd naar bed, warm bad. Ik zie het als een kwestie van voor mezelf accepteren dat ik die dagen wat minder sterk in mijn schoenen sta. Trouwens ik geef ook altijd aan mijn partner aan dat het weer de tijd van de maand is, dan weet hij dat hij me lekker met rust moet laten.

>>reageer

## DE HYPOFYSE

Vanaf de puberteit maakt de hypofyse hormonen die bij mannen de productie van zaadcellen stimuleren en bij vrouwen de menstruatiecycclus regelen.

De **hypofyse** is een hormoonklier die ongeveer in het midden van je hoofd ligt, direct onder de hersenen (zie afbeelding 29). De hypofyse geeft onder andere hormonen af die andere hormoonklieren beïnvloeden. Deze hormonen heten stimulerende hormonen. Bij veel hormonen die de hypofyse afgeeft, speelt de hypothalamus een belangrijke rol. De **hypothalamus** is een deel van de hersenen

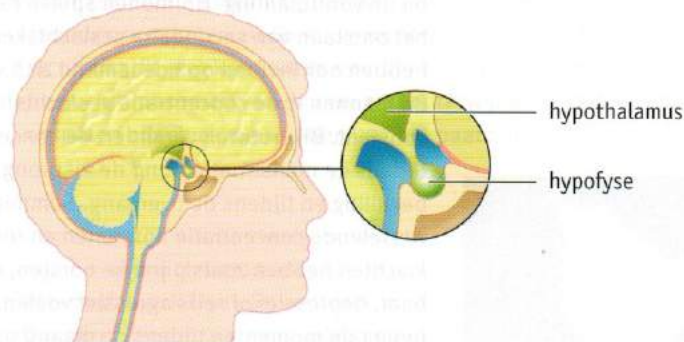


dat direct boven de hypofyse ligt. Twee hormonen die door de hypofyse worden gemaakt die een rol spelen bij de voortplanting zijn:

- follikelstimulerend hormoon (FSH);
- luteïniserend hormoon (LH).

Deze twee hormonen regelen onder andere de hormoonproductie van andere geslachtshormonen.

► Afb. 29



### REGELING BIJ DE MAN

In de puberteit begint de vorming van zaadcellen. De vorming van zaadcellen staat onder invloed van de hormonen FSH en LH uit de hypofyse en testosteron dat in de testes wordt gevormd:

- FSH stimuleert de vorming van zaadcellen.
- LH stimuleert cellen in de testes om testosteron te produceren.
- Testosteron stimuleert de ontwikkeling van zaadcellen.

Testosteron remt bij een bepaalde concentratie de hypofyse. De hypofyse maakt dan minder LH. Als er minder LH wordt gevormd, maken de cellen minder testosteron. Daardoor daalt de testosteronconcentratie in het bloed. Die lagere concentratie heeft invloed op de hypofyse. De hypofyse gaat dan weer meer LH produceren. Daardoor wordt er weer meer testosteron gemaakt in de testes. Een proces waarbij een stof die ontstaat zijn eigen aanmaak afremt, heet **negatieve terugkoppeling**. Door deze negatieve terugkoppeling is de concentratie van de hormonen in het bloed redelijk constant. In thema 6 Regeling en waarneming behandelen we meer voorbeelden van dergelijke regelmechanismen.

### opdracht 15

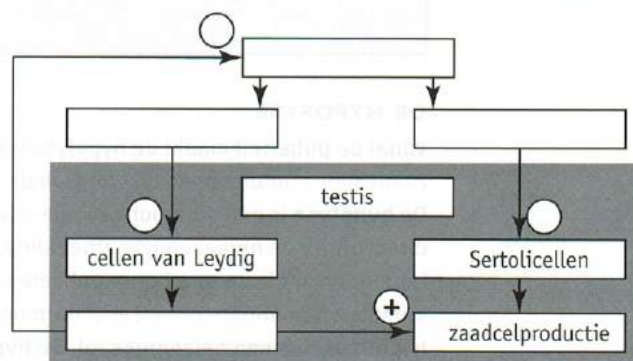
In afbeelding 30 is de hormonale regeling van de testis schematisch weergegeven. Neem het schema over en vul het in.

Gebruik bij de vakken: *FSH* – *hypofyse* – *LH* – *testosteron*.

Noteer in de rondjes bij de pijlen een '+' als het hormoon een proces stimuleert en een '-' als het hormoon een proces remt. Bij één rondje is dit voorgedaan.

Welke pijl geeft negatieve terugkoppeling weer? Schrijf dit bij die pijl.

► Afb. 30



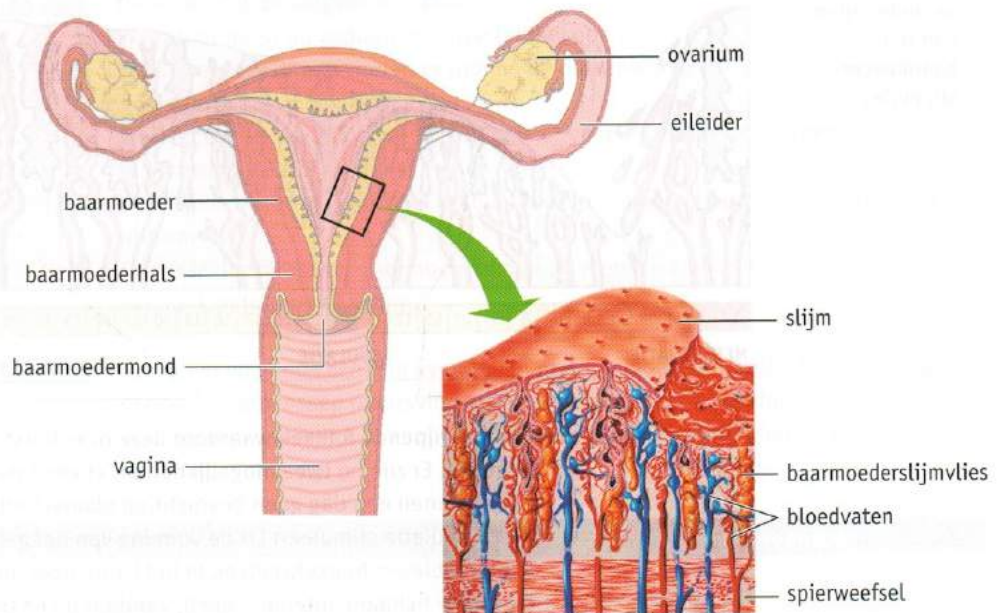


### REGELING BIJ DE VROUW

Ook bij vrouwen speelt de hypofyse een centrale rol. Onder invloed van FSH en LH, gevormd door de hypofyse, geven de eierstokken oestrogeen af. Oestrogenen beïnvloeden de ontwikkeling van de secundaire geslachtskenmerken bij vrouwen. Ieder mens produceert overigens zowel mannelijke als vrouwelijke geslachts-hormonen. De verhouding tussen beide bepaalt welke secundaire geslachtskenmerken optreden en in welke mate ze optreden. Dit verschil in hormoonconcentratie bestaat al voor de geboorte. Wanneer de concentratie aan testosteron hoog is, ontstaan mannelijke geslachtskenmerken, terwijl bij een lage concentratie vrouwelijke geslachtskenmerken ontstaan. In de puberteit stijgt de concentratie testosteron bij jongens en de concentratie oestrogeen bij meisjes.

Tijdens de puberteit krijgen meisjes hun eerste **menstruatie**. Kenmerkend voor de menstruatie is bloedverlies. Globaal keert de menstruatie maandelijks terug. De binnenkant van de baarmoeder bestaat uit het baarmoederslijmvlies, dat is bekleed met een slijmlaag. De baarmoeder bestaat verder uit spierweefsel (zie afbeelding 31). In het baarmoederslijmvlies bevinden zich veel kleine bloedvaatjes. Tijdens de menstruatie wordt een deel van het baarmoederslijmvlies afgestoten. Hierbij gaat een aantal bloedvaatjes stuk, waardoor bloedverlies optreedt.

► Afb. 31 De baarmoeder.



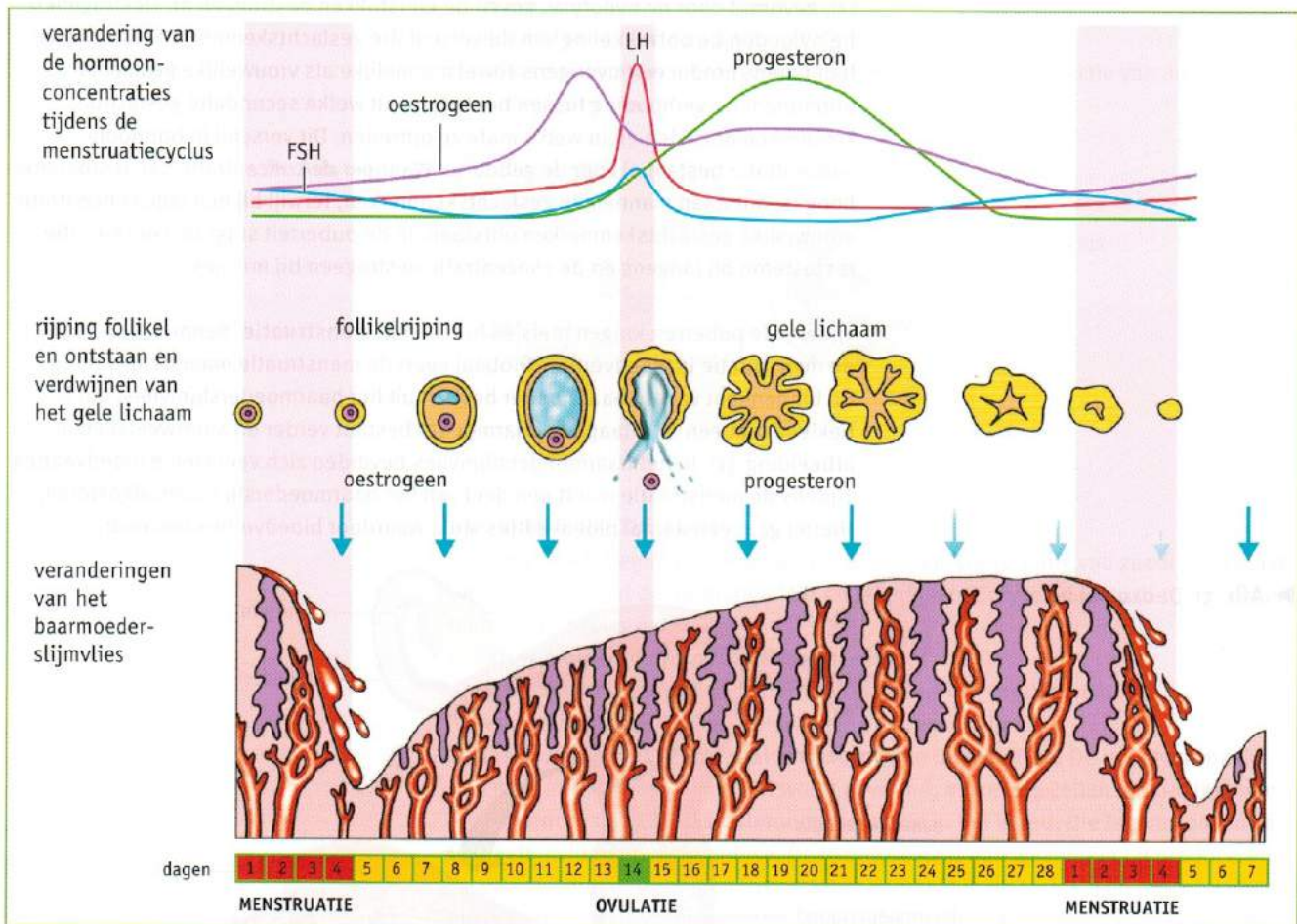
Iedere maand wordt het slijmvlies opgebouwd en weer afgestoten, tenminste als een vrouw niet zwanger raakt. Die steeds terugkerende menstruatie ofwel ongesteldheid, heet de **menstruatiecyclus**.

De eerste dag van de menstruatie is het begin van de menstruatiecyclus. De eerste twaalf dagen van de menstruatiecyclus produceert de hypofyse FSH en LH. FSH stimuleert de rijping van follikels in de ovaria. FSH en LH stimuleren de productie van oestrogeen door cellen uit de wand van de rijpende follikels. Onder invloed van het oestrogeen wordt het baarmoederslijmvlies dikker en gaat het meer klieren bevatten (zie afbeelding 32).

In de ovaria bereikt één van de rijpende follikels een voorsprong op de andere. De follikels die minder snel rijpen, sterven af. De productie van oestrogeen door de rijpende follikel bereikt een hoogtepunt. Dit stimuleert de hypofyse tot afgifte van veel LH. De hoge concentratie LH in het bloed stimuleert de opname van vocht



▼ **Afb. 32** Het verband tussen de hormonen, processen in een ovarium en het baarmoederslijmvlies. (schematisch)



door de rijpende follikel, waardoor deze openbarst en een eicel vrijkomt. Dit is de **ovulatie**. Er zijn nu twee mogelijkheden: er vindt wel of geen bevruchting plaats. Als er binnen een dag geen bevruchting plaatsvindt, sterft de eicel en verdwijnt. Na de ovulatie stimuleert LH de vorming van het gele lichaam uit het in het ovarium achtergebleven follikelweefsel. In het Latijn heet het gele lichaam corpus luteum (corpus = lichaam, luteum = geel), vandaar de naam luteïniserend hormoon. LH stimuleert ook de productie van oestrogeen en progesteron door het gele lichaam. Door progesteron wordt het baarmoederslijmvlies nog dikker. Progesteron remt de afgifte van FSH en LH door de hypofyse. Door gebrek aan LH wordt het gele lichaam kleiner en verdwijnt het uiteindelijk. Door de afname van de grootte van het gele lichaam daalt de concentratie van progesteron. Het baarmoederslijmvlies wordt dan niet meer in stand gehouden en de menstruatie komt weer op gang. De voorbereiding van het baarmoederslijmvlies op de innesteling van een embryo is ongedaan gemaakt.



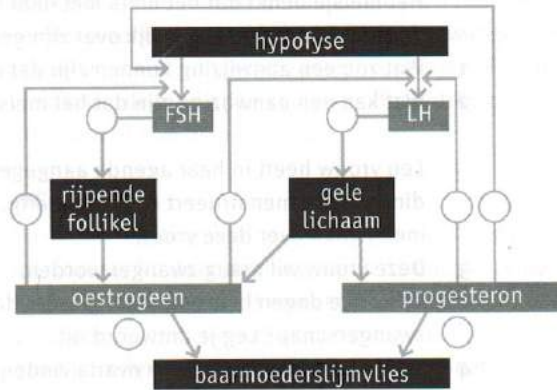
**opdracht 16**

In afbeelding 33 is de hormonale regeling van de voortplanting bij de vrouw schematisch weergegeven. De pijlen geven een stimulerende of een remmende invloed weer.

Neem afbeelding 33 over in je schrift.

- Noteer in de rondjes bij de pijlen een '+' als het hormoon een proces stimuleert en een '-' als het hormoon een proces remt.

► **Afb. 33** De hormonale regeling van de menstruatiecyclus (schematisch).



**opdracht 17**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Waardoor barst bij ovulatie de rijpe follikel open?
- 2 Welke veranderingen vinden er tijdens de ontwikkeling van een follikel plaats in het baarmoederslijmvlies?
- 3 Wat gebeurt er met het gele lichaam als er geen bevruchting optreedt?
- 4 Wat is menstruatie?
- 5 Waarom is het van belang dat er tijdens een zwangerschap geen menstruatie kan optreden?
- 6 Onder invloed van welk hormoon komen bij meisjes de secundaire geslachtskenmerken tot ontwikkeling?

**opdracht 18**

Neem het volgende schema over. Vul in onder invloed van welke hormonen de genoemde processen plaatsvinden, en door welke hormoonklieren deze hormonen worden geproduceerd. Je kunt bij de beantwoording gebruikmaken van *Binas* of *Biodata*.

Proces	Hormoon	Hormoonklier
In de eierstokken rijpen follikels.		
Bij een meisje ontwikkelen de secundaire geslachtskenmerken zich.		
In de teelballen (testes) ontstaat testosteron.		
Na een menstruatie wordt het baarmoederslijmvlies dikker.		
In een eierstok treedt ovulatie op.		
Bij een vrouw wordt de productie van FSH en LH geremd.		
Bij een jongen ontstaan secundaire geslachtskenmerken.		



## opdracht 19

## Beantwoord de volgende vragen.

Een jongen en een meisje hebben al een tijdje verkering. Het gaat meestal erg goed, maar ze hebben ook wel eens ruzie. Soms leggen ze het snel bij, maar soms duurt het wat langer.

De jongen denkt dat zijn vriendin last heeft van stemmingswisselingen die het gevolg zijn van haar menstruatiecyclus. Hij denkt dat ze misschien wel PMS heeft. Het meisje denkt dat het niets met haar menstruatie te maken heeft, maar eerder doordat haar vriend moeilijk over zijn gevoel kan praten.

- 1 Wat zou een aanwijzing kunnen zijn dat de jongen gelijk heeft?
- 2 Wat kan een aanwijzing zijn dat het meisje gelijk heeft?

Een vrouw heeft in haar agenda aangegeven wanneer ze menstrueerde (zie afbeelding 34). Ze menstrueert erg regelmatig, om de vier weken. De vragen 3 tot en met 5 gaan over deze vrouw.

- 3 Deze vrouw wil graag zwanger worden.  
Op welke dagen is de kans het grootst dat geslachtsgemeenschap leidt tot zwangerschap? Leg je antwoord uit.
- 4 Welke veranderingen in de ovaria vinden er bij deze vrouw in week 4 (19 tot en met 25 januari) plaats?
- 5 Drie dagen in de menstruatiecyclus van deze vrouw zijn 18 januari, 25 januari en 31 januari.

Stel dat deze vrouw niet zwanger raakt. Op welke van deze dagen zal dan de concentratie progesteron in het bloed van deze vrouw het hoogst zijn?

## ► Afb. 34

## J A A R K A L E N D E R

	JANUARI					FEBRUARI					MAART						
week	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	
ma			5	12	19	26		2	9	16	23		2	9	16	23	30
di			6	13	20	27		3	10	17	24		3	10	17	24	31
wo			7	14	21	28		4	11	18	25		4	11	18	25	
do	1	8	15	22	29		5	12	19	26		5	12	19	26		
vr	2	9	16	23	30		6	13	20	27		6	13	20	27		
za	3	10	17	24	31		7	14	21	28		7	14	21	28		
zo	4	11	18	25			1	8	15	22		1	8	15	22	29	



# 5 Zwanger

▼ Afb. 35 Zwangerschapstests.

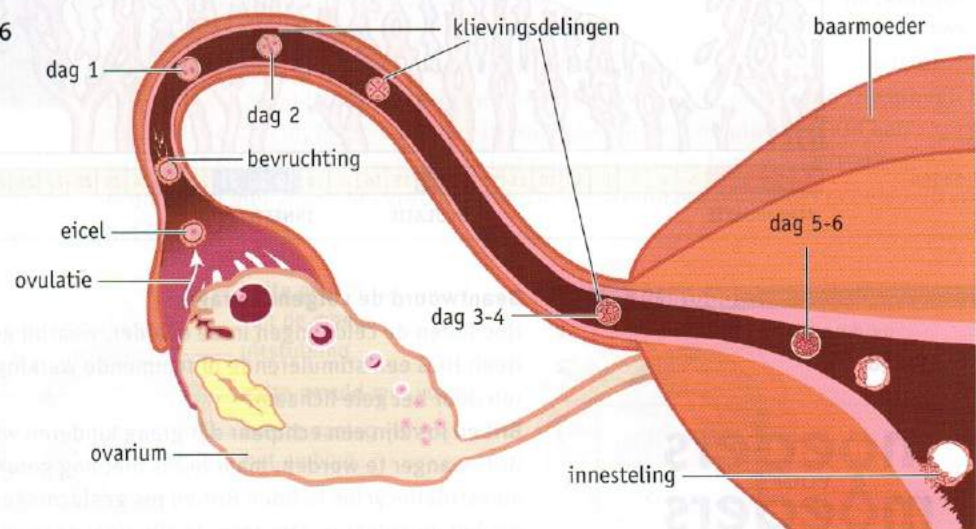


Het wegblijven van de menstruatie kan een teken zijn van zwangerschap. Maar ook door andere oorzaken kan een menstruatie verlaat optreden of een keer worden overgeslagen. Als je denkt dat je zwanger bent, kun je een zwangerschapstest doen. Een zwangerschapstest is te koop bij een drogist of apotheek. Er zijn verschillende merken te koop (zie afbeelding 35). Een zwangerschapstest toont het hormoon HCG in de urine aan.

## HCG

Na de bevruchting deelt de bevruchte eicel (zygote) zich binnen het bevruchtingsmembraan. Na deze deling groeien de dochtercellen niet. Ook bij de daarop volgende delingen vindt geen groei plaats. Deze eerste delingen heten **klievingsdelingen**. Tijdens de weg door de eileider naar de baarmoeder ontwikkelt het groepje cellen zich tot een bolletje met binnenin een holte (zie afbeelding 36).

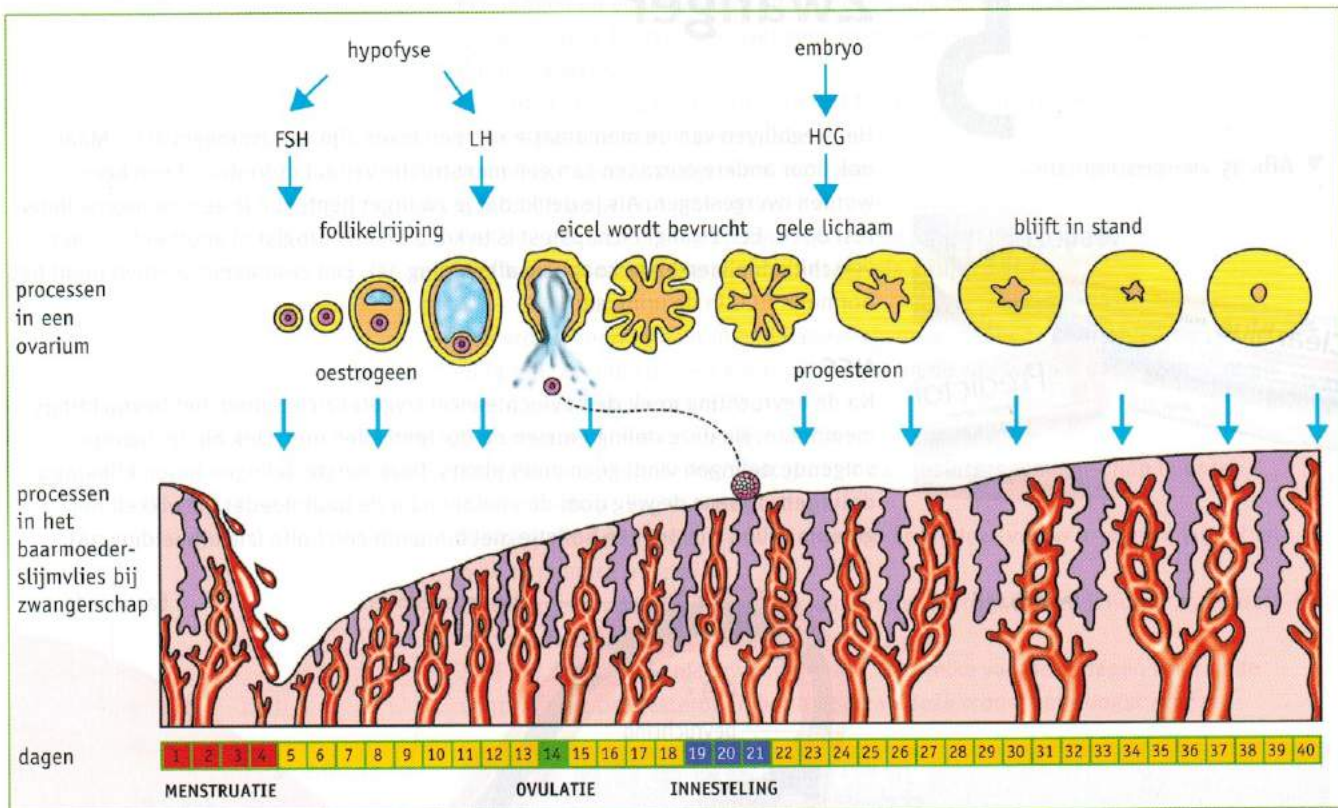
► Afb. 36



In de baarmoeder nestelt het bolletje dat is ontstaan zich in het baarmoederslijmvlies en groeit daar verder. De buitenste laag cellen, die uit zal groeien tot één van de vruchtvliezen (het chorion), begint nu met de productie van het hormoon HCG. **HCG** is een afkorting van humaan choriongonadotrofine. HCG houdt het gele lichaam in stand, waardoor de progesteronconcentratie hoog blijft en geen menstruatie plaatsvindt (zie afbeelding 37). Na drie maanden verdwijnt het gele lichaam uiteindelijk toch. De placenta neemt dan de progesteronproductie over.



▼ Afb. 37



## opdracht 20

## Beantwoord de volgende vragen.

▼ Afb. 38

## moeders voor moeders

Moeders voor Moeders is een onderdeel van een bedrijf dat geneesmiddelen produceert. Moeders voor Moeders zamelt urine in van zwangere vrouwen. Uit de urine wordt een hormoon gewonnen waarvan het medicijn Pregnyl® wordt gemaakt. Dit medicijn kan worden gebruikt bij de behandeling van bepaalde vormen van onvruchtbaarheid. Vrouwen kunnen deelnemen vanaf de zesde tot de zestiende week van hun zwangerschap. Ze krijgen dan een opvangkan en flessen om de urine in te verzamelen. Wekelijks worden de flessen opgehaald.

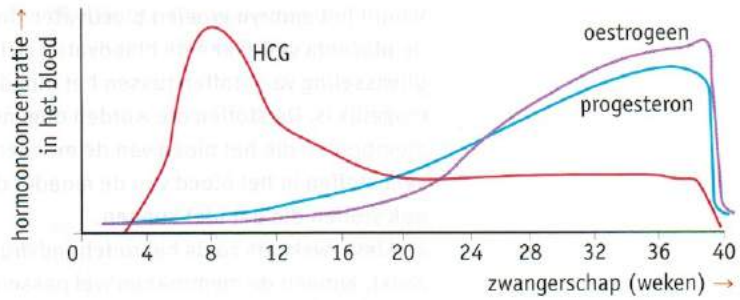
- Hoe heten de celdelingen in de eileider, waarbij geen groei plaatsvindt?
- Heeft HCG een stimulerende of remmende werking op de productie van progesteron door het gele lichaam?
- Brit en Jos zijn een echtpaar dat graag kinderen wil. Al een paar maanden probeert Brit zwanger te worden, maar het is niet nog gelukt. Ongeveer halverwege haar menstruatiecyclus hebben Brit en Jos geslachtsgemeenschap gehad. Brit denkt dat het nu gelukt is. Om zeker te zijn doet ze twee dagen na de geslachtsgemeenschap een zwangerschapstest. De uitslag is negatief. Leg uit dat de uitslag van de zwangerschapstest niet betekent dat Brit niet zwanger is.

Afbeelding 38 is een artikel over Moeders voor Moeders. De vragen 4 en 5 gaan over dit artikel.

- Welk hormoon wordt door het bedrijf uit de urine gewonnen?
- In afbeelding 39 is een diagram weergegeven met de concentratie van bepaalde hormonen tijdens de zwangerschap. Leg met behulp van het diagram uit waarom vrouwen alleen tussen de zesde en zestiende week van hun zwangerschap deel kunnen nemen aan Moeders voor Moeders.



► Afb. 39



▼ Afb. 40 Een puppy wordt gevoed.



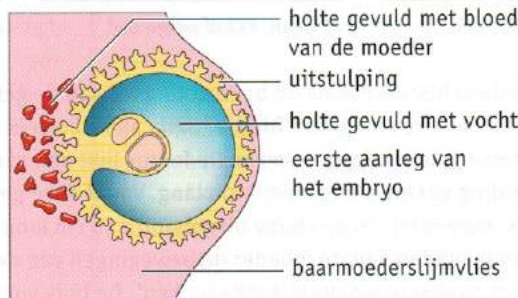
**EMBRYONALE ONTWIKKELING**

Bij zoogdieren zoals de mens vindt de eerste ontwikkeling van een kind in het lichaam van de moeder plaats. De moeder voorziet het zich ontwikkelende kind van voedingsstoffen en voert afvalstoffen af. Zelfs na de geboorte blijven zoogdiermoeders hun nakomelingen kortere of langere tijd voeden via speciale klieren die een melkachtige vloeistof afscheiden (zogen).

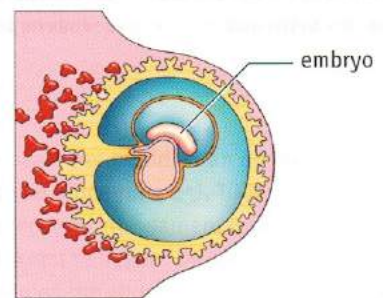
Gedurende de eerste weken van de ontwikkeling heet een ongeboren kind **embryo**. Ook bij andere dieren spreekt men van embryo en zelfs bij planten wordt de kiem ook wel embryo genoemd.

Na de innesteling groeien vanuit de buitenste laag cellen van het bolletje uitstulpingen in holtes in het baarmoederslijmvlies die met bloed zijn gevuld (zie afbeelding 41). De uitstulpingen en holtes ontwikkelen zich tot de **placenta**. Uit een aantal cellen aan de binnenkant van het bolletje ontstaat het embryo. Het embryo is omgeven met vocht, het **vruchtwater**. De **vruchtvliezen** omsluiten het embryo en het vruchtwater.

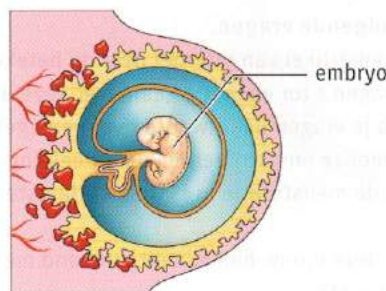
▼ Afb. 41 Ontwikkeling van een embryo (schematisch).



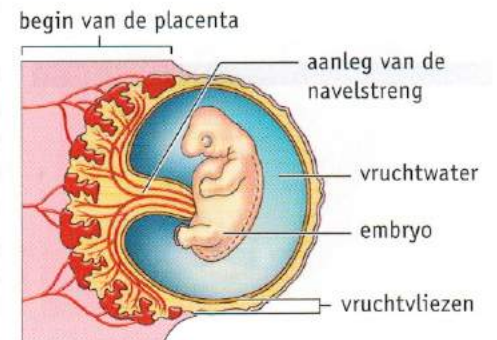
1 enkele dagen na de innesteling beginnen uitstulpingen te ontstaan



2 het embryo begint herkenbaar te worden en de uitstulpingen groeien in met bloed gevulde holtes van het baarmoederslijmvlies



3 in het embryo ontstaan herkenbare structuren en de placenta begint zich te ontwikkelen



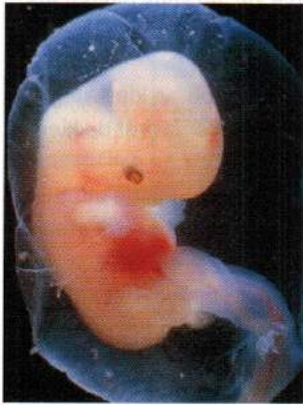
4 vanuit het embryo zijn bloedvaten in de placenta gegroeid, de vruchtvliezen liggen tegen elkaar aan



Vanuit het embryo groeien bloedvaten door de **navelstreng** naar de placenta. In de placenta vertakken de bloedvaten zich tot uiterst dunne haarvaten, waardoor uitwisseling van stoffen tussen het bloed van de moeder en het bloed van het kind mogelijk is. De stoffen die worden opgenomen en afgegeven, passeren hierbij de membranen die het bloed van de moeder en het kind gescheiden houden. Hoewel veel stoffen in het bloed van de moeder de membranen kunnen passeren, zijn er ook stoffen die dat niet kunnen.

Ziekteverwekkers zoals het rodehondvirus, hiv en de bacterie die syfilis veroorzaakt, kunnen de membranen wel passeren. Ook vormen de membranen geen barrière voor stoffen die schadelijk zijn voor de ontwikkeling van het embryo, zoals sommige geneesmiddelen, alcohol, nicotine en drugs. Vrouwen die tijdens de zwangerschap veel roken, brengen gemiddeld kleinere kinderen ter wereld dan vrouwen die niet roken. Kleinere stoffen zoals medicijnen, antibiotica en drugs passeren de membranen wel en komen daardoor ook in het bloed van het kind.

▼ **Afb. 42** Verschillende stadia in de ontwikkeling van een geboren kind.



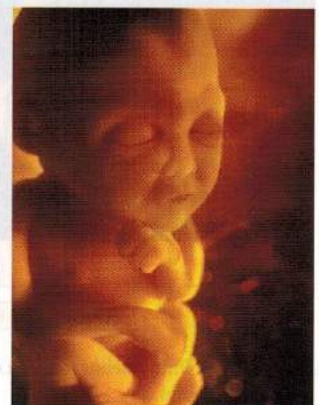
1 embryo, zes weken oud



2 embryo, acht weken oud



3 foetus, twaalf weken oud



4 foetus, vijf maanden oud

Vanaf de achtste week na de bevruchting tot aan de geboorte spreekt men niet meer van embryo maar van **foetus**. Bijna alle weefsels zijn dan gevormd en de organen zijn in aanleg aanwezig. De foetus lijkt dan al enigszins op een mens (zie afbeelding 42) en is ongeveer 5 cm lang. Vanaf deze periode vindt vooral groei plaats. Gemiddeld is een baby bij geboorte 50 cm lang en 3400 gram zwaar. Na vier maanden kan de moeder de bewegingen van de foetus voelen. Soms hebben zwangere vrouwen 'harde buiken'. De buik voelt dan hard aan. De baarmoeder is een spier en die trekt dan samen. Meestal duurt het een paar minuten en dan verdwijnt de harde buik weer. Harde buiken komen het vaakst voor vanaf de vijfde maand. De samentrekkingen van de baarmoeder heten **weeën**. Vlak voor de geboorte komen de weeën regelmatig.

#### opdracht 21

#### Beantwoord de volgende vragen.

Afbeelding 43 is een artikel van internet over de berekening van de zwangerschapsduur. De vragen 1 tot en met 3 gaan over deze afbeelding.

- In opdracht 19 heb je vragen beantwoord over een agenda waarin een vrouw had aangegeven wanneer ze menstrueerde (zie afbeelding 34). Stel dat deze vrouw zwanger wordt en de menstruatie in januari de laatste menstruatie was voor ze zwanger werd.  
Op welke dag zou deze vrouw dan zijn uitgerekend met de methode die in het verleden werd gebruikt?
- Waardoor is deze methode voor vrouwen met een onregelmatige cyclus onbetrouwbaar?



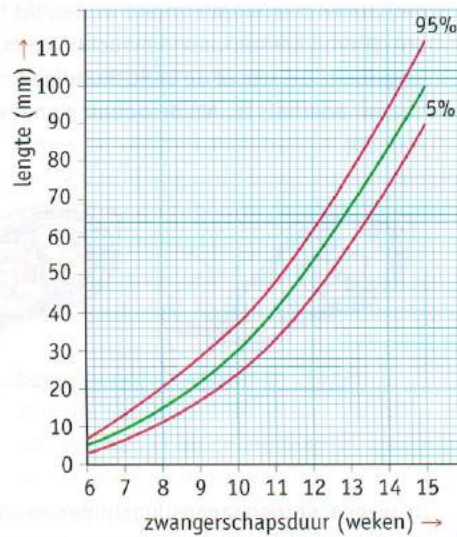
## ▼ Afb. 43

## Berekening van de zwangerschapsduur

Berekenen vanuit de eerste dag van de laatste menstruatie, zoals in het verleden altijd werd gedaan, is alleen betrouwbaar als er een regelmatige cyclus is van 28 dagen. Hoe onregelmatiger de cyclus is, hoe onbetrouwbarder de uitgerekenede datum. De berekening in het verleden was: + 7 dagen vanaf de eerste dag van de laatste menstruatie, + 9 maanden (of - 3 maanden). Als de dag van de bevruchting bekend is, dan is de berekening: - 7 dagen vanaf de bevruchting + 9 maanden. Een manier om de duur van de zwangerschap vast te stellen en daaruit de uitgerekenede datum te berekenen, is door zo vroeg mogelijk in de zwangerschap echoscopisch onderzoek te doen waarbij de lengte van het embryo van kruin tot stuitje wordt gemeten. Deze lengte heet CRL. CRL is de afkorting voor crown rump length. Doordat de groei in de eerste 15 weken van de zwangerschap altijd ongeveer even snel gaat, is deze methode erg betrouwbaar.

Naar: [www.nvog.nl](http://www.nvog.nl).

## ▼ Afb. 44 Grafiek van de CRL van week 6 tot week 15.

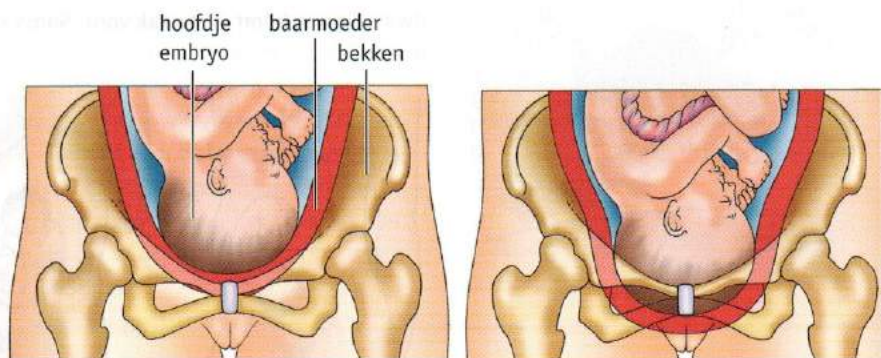


- De werkelijke duur van de zwangerschap is vanaf het moment van de bevruchting tot de geboorte. Hoeveel weken duurt de werkelijke zwangerschap bij de mens, volgens het artikel in afbeelding 43? Leg je antwoord uit.
- De meeste zwangere vrouwen laten een echo maken. Met behulp van geluid wordt dan een foto gemaakt van de baby in de baarmoeder. Aan de hand van een echo kan de lengte van de foetus in de baarmoeder worden gemeten. In afbeelding 44 zie je een grafiek van de groei van een embryo. Stel dat een CRL gevonden wordt van 55 mm. Hoeveel weken is de vrouw dan zwanger?

## DE GEBORTE

Een paar weken voor de bevalling begint, zakt het hoofdje van de foetus tot in het bekken. Dit wordt de **indaling** genoemd (zie afbeelding 45). Tijdens de indaling trekt het bovenste deel van de baarmoederwand zich samen, waardoor het hoofdje van de foetus in de bekkenholte komt te liggen. De samentrekkingen van de baarmoeder voelt de moeder als weeën en die zijn soms pijnlijk. Ze worden **indalingsweeën** genoemd.

## ► Afb. 45 De indaling.



1 ligging van de baby voor de indaling

2 ligging van de baby na de indaling



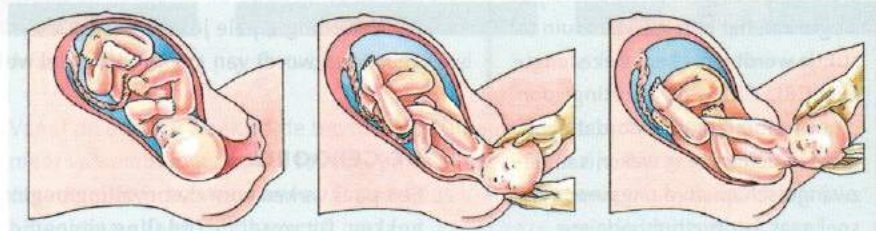
Als de geboorte begint, heeft een vrouw met regelmatige tussenpozen weeën, bijvoorbeeld elke vijf tot tien minuten. Tijdens deze weeën worden de baarmoederhals en baarmoedermond wijder. Dit heet de **ontsluiting** (zie afbeelding 46). Hierbij breken vaak de vruchtvlieszen, waardoor vruchtwater via de vagina wegvloeit. De arts of de verloskundige kan voelen hoe groot de opening in de baarmoederhals is. Als de opening ongeveer 10 cm is, noemt men de ontsluiting volledig.

► **Afb. 46** De ontsluiting.



De weeën worden steeds krachtiger en ook spieren in de buikwand gaan zich samentrekken. Deze weeën heten **persweeën**. De moeder mag dan ook actief gaan 'persen'. Door de spiersamentrekkingen wordt het hoofdje van de foetus door de baarmoederhals geduwd. Het hoofdje draait daarbij naar beneden, om onder het schaambeent van de moeder door te kunnen. Ook de romp van de baby draait op deze manier (zie afbeelding 47). De **uitdrijving** kan heel snel gaan, in enkele seconden, maar duurt bij het eerste kind vaak één tot anderhalf uur. Bij een tweede kind gaat het vaak sneller.

► **Afb. 47** De uitdrijving.



Bij een normale bevalling komt eerst het hoofdje naar buiten. Bij een **stuitligging** (zie afbeelding 48.2) komt eerst het kontje of een voetje naar buiten. Bij een **dwarsligging** (zie afbeelding 48.3) kan het kind niet via de vagina worden geboren. Door een operatie via de buikwand (keizersnede) komt het kind ter wereld. Een dwarsligging komt niet vaak voor. Soms kan een verloskundige of arts de baby nog draaien.

► **Afb. 48** Ligging in de buik van de moeder.





- ▼ **Afb. 49** Vaak wordt de vader gevraagd de navelstreng door te knippen.



Na de geboorte is de baby nog via de navelstreng verbonden met de placenta, die zich nog in de baarmoeder bevindt. De verloskundige of arts legt de baby op de buik van de moeder en zet klemmen op de navelstreng waardoor geen bloed uit de navelstreng kan stromen. Nu kan bijvoorbeeld de partner de navelstreng doorknippen (zie afbeelding 49). De klem die bij de navel van de baby zit, blijft zitten totdat het restje van de navelstreng met de klem er na ongeveer een week vanzelf af valt. Na de uitdrijving is de bevalling nog niet helemaal afgelopen. Ongeveer een kwartier na de geboorte ontstaan de weeën van de **nageboorte**. De placenta en de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen worden losgewoeld en verlaten het lichaam. De verloskundige of arts kan hierbij helpen door op de buik te drukken en controleert of de nageboorte compleet is.

#### opdracht 22

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat zijn weeën?
- 2 Wat gebeurt er bij de indaling?
- 3 Wat is een keizersnede?
- 4 Op welke manier ontstaat de navel?

#### opdracht 23

Neem het schema over en vul het in met behulp van het krantenartikel van afbeelding 50.

	Fase van de bevalling	Delen die tijdens deze fase het lichaam verlaten
Fase van de bevalling die is begonnen vlak voordat de man en vrouw van huis reden.		
Fase van de bevalling die is begonnen op het moment van aanhouding door de politie.		
Fase van de bevalling die is begonnen in de verloskamer van het ziekenhuis.		

- ▼ **Afb. 50**

## Smoes blijkt toch spoedbevalling

EINDHOVEN – Een automobilist die bij een verkeerscontrole uit zijn autoraam riep dat zijn vrouw moest bevallen, maakte zich daarna snel uit de voeten. De agenten hadden deze smoes wel vaker gehoord en wilden de man niet op zijn blauwe ogen geloven. Na een achtervolging door de politie bleek de man werkelijk een aanstaande moeder aan boord te hebben. Het hoofdje van

de baby was volgens een politiewoordvoerder al te zien toen de man tot stoppen werd gedwongen. Toen bleek dat er werkelijk sprake was van acute barensnood is het stel onder politiebegeleiding naar het ziekenhuis gereden. Daar was de verloskamer al gereed. Even later bracht de vrouw een gezonde zoon ter wereld. De vrouw bleek thuis plotseling weeën te hebben gekregen, waarna het stel halsoverkop naar het ziekenhuis is gereden.





# 6 Seksualiteit

In de puberteit gaat seksualiteit een grote rol spelen. Allerlei vragen doemen op en velen fantaseren over hoe het zou zijn met een jongen of een meisje te vrijen. Verliefdheid gaat een rol spelen, maar ook onzekerheid bijvoorbeeld over hun uiterlijk en hoe ze overkomen op anderen.

Waarden en normen spelen een rol en regels vanuit een cultuur of geloof. Jongens en meisjes ontdekken hun lichaam en raken seksueel opgewonden. Veel jongeren beginnen in deze periode te masturberen.

**Seksualiteit** speelt een rol bij het vormen en onderhouden van een relatie. Als je van iemand houdt, wil je graag bij die persoon zijn en probeer je zijn of haar wensen te vervullen. Als het klikt, vormen twee mensen een paar. Elkaar aanraken, strelen, zoenen versterken daarbij de band. Seksualiteit kan ook als doel hebben genot te ervaren. Dat wordt lustbeleving genoemd. Je kunt seksueel opgewonden raken door te vrijen of geslachtsgemeenschap te hebben of door te kijken naar afbeeldingen en films van vrijende of naakte mensen.

Bij seksualiteit spelen veel factoren een rol. In verschillende culturen wordt verschillend gedacht over wat wel en niet kan op het gebied van seksualiteit. Sommigen vinden dat seksualiteit hoort bij een vaste partner, anderen vinden dat minder of niet belangrijk.

De meeste mensen zijn **heteroseksueel**: ze voelen zich seksueel aangetrokken tot het andere geslacht. Ongeveer 5% van de mensen is **homoseksueel**. Homoseksuelen voelen zich seksueel aangetrokken tot hetzelfde geslacht. Homoseksuele vrouwen worden **lesbisch** genoemd. Mensen die zich tot beide geslachten aangetrokken voelen, worden **biseksueel** genoemd. Homoseksualiteit werd vroeger als iets verkeerd beschouwd, waar niet openlijk over kon worden gepraat. Tegenwoordig kan dat wel. Toch reageren nog steeds veel mensen negatief op homoseksualiteit. Veel mensen met een sterke geloofsovertuiging vinden homoseksualiteit verkeerd. En in sommige landen is het gevaarlijk om openlijk voor je homoseksualiteit uit te komen.

▼ Afb. 51



## opdracht 24

### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Op welke manier speelt seksualiteit in een relatie een rol?
- 2 Welk ander doel kan seksualiteit hebben?
- 3 Hoe wordt een relatie tussen twee mensen van verschillend geslacht genoemd?
- 4 Waardoor is het voor mensen soms moeilijk om te zeggen dat ze homoseksueel zijn?

## opdracht 25

Bij veel jongeren bestaan verkeerde denkbeelden over seksualiteit. Op internet, in tijdschriften en in gesprekken tussen jongeren blijken uitspraken vaak maar half waar of zelfs helemaal onjuist te zijn.

Deze opdracht bestaat uit twee delen. Samen met een medeleerling ga je van vijf uitspraken na of deze juist of onjuist zijn. Daarna zoek je in tijdschriften of op internet (of bedenk je zelf) nog drie uitspraken, waarvan je aangeeft waarom ze juist of onjuist zijn. Deze leg je voor aan medeleerlingen.

- Overleg met een medeleerling welke van de volgende vijf uitspraken juist zijn. Controleer daarna jullie antwoorden met het antwoordenboek.



- 1 Masturberen kan negatieve gevolgen hebben voor de gezondheid.
- 2 Vrouwen masturberen minder dan mannen.
- 3 Een vrouw heeft net zoals een man testosteron nodig om zin in seks te hebben.
- 4 Mannen hebben vaker zin in seks dan vrouwen, want mannen maken meer testosteron aan.
- 5 Vanaf een dag of drie voor de ovulatie tot de dag van de ovulatie raakt een vrouw sneller seksueel opgewonden dan tijdens de rest van de menstruatiecyclus.
  - Zoek samen in tijdschriften of op internet nog drie uitspraken over seksualiteit op. Schrijf ze op en geef bij iedere uitspraak aan of deze juist of onjuist is.
  - Vraag andere leerlingen welke van jullie uitspraken juist zijn en welke onjuist.

## opdracht 26



- Hieronder staan vijf uitspraken over homoseksualiteit (zie afbeelding 52).
- 1 De liefde tussen twee homoseksuele mensen verschilt niet van de liefde tussen twee heteroseksuele mensen.
  - 2 Het is begrijpelijk dat mensen het niet prettig vinden dat een homoseksueel paar in hun straat woont.
  - 3 Homoseksuele mensen moeten overal voor hun homoseksuele geaardheid uit kunnen komen.
  - 4 Voor een school met een bepaalde geloofsovertuiging (bijvoorbeeld christelijk, islamitisch of joods) moet het mogelijk zijn om een leraar te ontslaan als blijkt dat deze homoseksueel is.
  - 5 Homoseksuelen moeten kunnen trouwen en kinderen kunnen adopteren.

Over twee van deze uitspraken ga je je mening geven.

- Kies de uitspraak uit waar je het het meest mee eens bent. Noteer deze uitspraak in je schrift. Beargumenteer je mening door er kort achter te zetten waarom je het met deze uitspraak eens bent.
- Kies ook de uitspraak uit waar je het het meest mee oneens bent. Noteer ook deze uitspraak in je schrift en beargumenteer je mening.
- Vergelijk de uitspraken die je hebt gekozen en de argumenten die je hebt gegeven met die van enkele medeleerlingen.

## ▼ Afb. 52

## Homoseksualiteit is nog steeds niet algemeen geaccepteerd

Er bestaan grote tegenstellingen als het gaat om de acceptatie van homoseksualiteit. Sommigen wijzen het helemaal af en vinden dat homoseksualiteit moet worden uitgeroeid. Anderen vinden homoseksualiteit een normale vorm van seksualiteit.

In Nederland is het verboden om te discrimineren vanwege homoseksualiteit, maar toch worden homoseksuelen gepest en zelfs geterroriseerd. Het komt nog steeds voor dat geweld wordt gebruikt tegen homoseksuelen. In som-

mige woonwijken worden homoseksuelen zelfs weggepest.

Sommigen die homoseksualiteit niet normaal vinden, gebruiken hiervoor uitspraken in bijvoorbeeld de Bijbel, de Thora of de Koran. Zij denken vaak dat homoseksualiteit een keuze is. Zo werd in 2011 een docent ontslagen, omdat hij toegaf dat hij homoseksueel was. Door sommige gelovigen worden wetenschappers, met name biologen, vaak bekritiseerd omdat zij stellen dat homoseksualiteit geen keuze is maar aangeboren. Wetenschappers maken wel een onderscheid tussen homoseksualiteit en homoseksueel gedrag. Met homoseksueel gedrag wordt seks tussen mensen met hetzelfde geslacht bedoeld.



Er zijn heteroseksuelen die seks met mensen van hetzelfde geslacht prettig vinden zonder zelf homoseksueel te zijn.



## opdracht 27

In het artikel van afbeelding 53 worden travestieten, androgynen en transseksuelen genoemd.

- Kies een van deze vormen van transgenderisme. Maak een poster op A4-formaat of een presentatie over deze vorm van transgenderisme.
- Geef in de poster of presentatie in ieder geval aan wat precies met de term wordt bedoeld en geef jouw beargumenteerde mening.

## ▼ Afb. 53

## Gelijke behandeling transgender bij wet regelen

Januari 2012 – Verschillende organisaties in Nederland willen dat de minister van Binnenlandse Zaken een verbod op discriminatie van transgenders opneemt in de Algemene Wet Gelijke Behandeling. Hierover hebben de organisaties gezamenlijk een brief gestuurd aan de Tweede Kamer. De Kamer spreekt op donderdag 19 januari 2012 met de minister over de gelijke behandelingswet. De Algemene Wet Gelijke Behandeling (AWGB) noemt wel geslacht en seksuele gerichtheid, maar biedt transgenders geen expliciete bescherming. Transgender wordt vaak gebruikt als

term voor iedereen die zich anders voelt dan het geslacht waarmee hij of zij is geboren. Hier vallen travestieten, androgynen en transseksuelen onder.

Travestieten kleden zich voor kortere of langere tijd als iemand van het andere geslacht. Androgynen mensen voelen zich vrouwelijk én mannelijk of juist niet vrouwelijk en ook niet mannelijk.

Transseksuelen willen helemaal tot het andere geslacht behoren. Tegenwoordig spreekt men liever over een genderidentiteitsstoornis. Met een genderidentiteitsstoornis wordt iemand geboren. Vermoedelijk ontstaan genderidentiteitsstoornissen tijdens de ontwikkeling van een foetus. Men denkt dat dit wordt veroorzaakt door de concentratie van bepaalde hormonen.



Bill Kaulitz van de band Tokio Hotel heeft een androgyn uiterlijk

## SEKSUEEL GEWELD

We spreken van seksueel geweld als iemand een andere persoon dwingt tot seksueel contact. Het slachtoffer wordt dan seksueel misbruikt. Voorbeelden van seksueel misbruik zijn ongewenste intimiteiten, incest, aanranding en verkrachting. Je kunt er bijna dagelijks in de krant over lezen (zie afbeelding 54). Ook seksuele handelingen bij mensen die vanwege hun leeftijd, afhankelijkheid van de dader of geestelijke toestand geen nee kunnen zeggen, vallen onder seksueel misbruik.

Wanneer een volwassene seks heeft of seksuele handelingen uitvoert met een kind, spreekt men van pedoseksualiteit. Dit is seksueel misbruik, want het kind kan het niet weigeren of heeft geen besef van het doel van de handelingen. Kinderen die seksueel worden misbruikt, hebben daar vaak hun hele leven last van.

Bij 'afhankelijkheid' kun je denken aan seksueel contact tussen een ouder en een kind, een leraar en een leerling, een dokter en een patiënt en zelfs tussen een baas en zijn medewerker. Van 'geestelijke toestand' is bijvoorbeeld sprake als seksueel contact plaatsvindt met mensen met een verstandelijke beperking.



## ▼ Afb. 54

**Meisje (14) verkracht na internetafspraak**

VALKENSWAARD – Een 14-jarig meisje is maandagmiddag in een park in Valkenswaard verkracht door een jongen met wie ze een internetafspraak had gemaakt, aldus de politie.

**Seksuele intimidatie bij 67 procent van vrouwen**

HOOFDDORP – Van de vrouwen heeft 67% wel eens last gehad van seksuele intimidatie. De vormen van ongewenst seksueel getint gedrag variëren van seksistische opmerkingen en hinderlijk gedrag tot aanranding en verkrachting. Van de ondervraagde vrouwen zegt verreweg het merendeel (87%) niet te willen zwijgen over deze ervaring, omdat zij vinden dat praten helpt. In 68% van de gevallen is de dader een bekende van het slachtoffer.

**Drie jaar celstraf voor incest**

SCHERPENZEEL – De Arnhemse rechtbank heeft een 46-jarige man uit Scherpenzeel veroordeeld voor incest met zijn minderjarige dochter. De man kreeg een gevangenisstraf van drie jaar, waarvan twee jaar voorwaardelijk, opgelegd. Daarnaast moet hij zijn dochter een bedrag van meer dan 4500 euro aan schadevergoeding en smartengeld betalen. De incest begon toen het meisje 15 jaar oud was. De seks was meestal in de ouderlijke slaapkamer, als de moeder van huis was. De incest kwam aan het licht doordat de dochter vreemd gedrag ging vertonen op haar werk.

## opdracht 28

In afbeelding 55 staan acht uitspraken over seksueel geweld. Je gaat in een groepje discussiëren over deze uitspraken. We gebruiken hierbij een zogenaemde schrijfronde. Dat gaat als volgt.

- Ieder lid van jullie groepje kiest een (andere) uitspraak (je hoeft niet alle uitspraken te gebruiken). Je schrijft deze uitspraak boven aan een leeg velletje papier.
- Vervolgens schrijf je eronder hoe jij over deze uitspraak denkt. Na ongeveer drie minuten (wanneer iedereen klaar is) geef je het velletje aan je rechterbuurman of -buurvrouw. Je krijgt zelf een velletje van je linkerbuurman of -buurvrouw. Je leest de uitspraak en de mening van je klasgenoot. Daaronder schrijf jij jouw mening. Je kunt het eens zijn met je klasgenoot of oneens.
- Na weer drie minuten wissel je (op de bovenstaande manier) opnieuw van velletje, enzovoort. Net zo lang tot je je eigen velletje met het commentaar van de anderen terug hebt.
- Daarna kun je verder in je groepje over de uitspraken discussiëren. Hierbij moet een van jullie de discussie leiden.

## ▼ Afb. 55

- 1 Op het werk regelmatig tegen iemand seksueel getinte uitspraken doen is een vorm van seksuele intimidatie.
- 2 Als je seksueel bent misbruikt, kun je daar maar beter met niemand over praten, want dan raket je alle ellende weer op.
- 3 Een loverboy kun je direct herkennen.
- 4 Een meisje dat zich uitdagend kleedt, lokt een verkrachting uit.
- 5 Als een jongen een paar drankjes voor een meisje betaalt, mag de jongen als tegenprestatie wel seks met het meisje verwachten.
- 6 'Schuren' op de dansvloer moet kunnen (zie afbeelding 56).
- 7 Voor een goede vriend kun je je voor de webcam wel uitkleden.
- 8 Straffen voor seksueel geweld kunnen niet zwaar genoeg zijn.

## ▼ Afb. 56

**Schuren op de dansvloer**

Een tienerdisco heeft het seksueel getinte 'schuren' verboden. Volgens de discotheek gaan de feestende tieners (12 tot 15 jaar) in de dans, waarbij de geslachtsdelen tegen elkaar aan worden gewreven, veel te ver. 'Meisjes klaagden bij de beveiligers dat zij tijdens het dansen seksueel betast werden,' zegt de eigenaar. Uit een onderzoek onder honderd studenten bleek dat 70% van de mannelijke studenten vindt dat zij het recht hebben om op de dansvloer iemand te schuren. Bij de vrouwen lag dat percentage een stuk lager (22%).



# 7 Soa's en geboorteregeling

Soa's zijn **seksueel overdraagbare aandoeningen**. Dit betekent dat het infectieziekten zijn waarbij de ziekteverwekker in principe via seksueel contact wordt overgedragen. Veel soa's zijn goed te behandelen, maar sommige hebben ernstige gevolgen als ze niet op tijd worden behandeld.

## HOE LOOP JE EEN SOA OP?

Soa's worden overgedragen via sperma, bloed, vaginaal vocht en bij contact van slijmvliezen (bijvoorbeeld in de mond en de endeldarm). Een soa loopt iemand meestal op door onveilig vrijen. Door veilig vrijen verminder je de kans op een soa. Veilig vrijen houdt in dat je:

- seksueel contact hebt met één vaste partner, die zelf ook nooit met een andere partner vrijt en geen soa heeft;
- elkaar streelt, tongzoent, kust, knuffelt, masseert, jezelf bevredigt of elkaar met de hand bevredigt;
- bij orale seks (pijpen en beffen) en bij vaginale geslachtsgemeenschap (penis in de vagina) een goedgekeurd condoom gebruikt, waarvan de uiterste gebruiksdatum niet is overschreden;
- bij anale geslachtsgemeenschap (penis in de anus) een goedgekeurd condoom met extra veel glijmiddel gebruikt. Glijmiddelen mogen niet op oliebasis zijn. Olie tast de kwaliteit van de condoms aan.

Hiv, hepatitis B en syfilis zijn ook via bloed overdraagbaar en kun je bijvoorbeeld oplopen door het gebruik van naalden of spuiten die door iemand anders zijn gebruikt. Bij aids is iemand ziek doordat hij besmet is met **hiv** (human immunodeficiency virus). Iemand die wel besmet is maar nog niet ziek, noemt men seropositief. Er zijn dan antistoffen in het bloed (serum) die met een test kunnen worden aangetoond. Een soa krijg je niet door uit een kopje van iemand anders te drinken, een hoestbui, insectenbeten of een vieze wc-bril. In tabel 3 zie je een overzicht van een aantal soa's.

### ▼ Afb. 57

## Aantal mensen met een soa in 2011 opnieuw gestegen

Uit een onderzoek van het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) blijkt het aantal mensen met een seksueel overdraagbare aandoening (soa) in 2011 met 8% gestegen ten opzichte van 2010. Uit het onderzoek blijkt verder dat 14% van de behandelde mensen meer dan één soa had. Het aantal keren dat bij mensen die zich

op een soa laten testen chlamydia wordt gevonden, is al jaren hoog. Bij ruim 11% van de bezoekers van een soa-poli werd in 2011 chlamydia ontdekt. Bij jongeren was dit zelfs 15%. Men vermoedt dat veel mensen met een chlamydia-infectie weinig last hebben en zich daardoor niet laten onderzoeken. Hierdoor is het bestrijden van chlamydia moeilijk. Ook het aantal gonorroe-infecties is toegenomen. De gevoeligheid van gonorroe voor de meest gebruikte antibiotica neemt af. Steeds vaker worden gonorroe bacteriën gevonden die tegen deze antibiotica resistent zijn.





▼ **Tabel 3** Informatie over een aantal veelvoorkomende soa's.

Ziekte	Ziekteverschijnselen	Te genezen met	(Mogelijke) gevolgen zonder tijdige behandeling
Chlamydia	Meer (of andere) afscheiding uit penis, vagina of anus. Branderig gevoel bij het plassen. (Vaak merk je er niets van.)	Antibiotica	Eileiderontsteking Onvruchtbaarheid Bijbalontsteking
Herpes genitalis	Aanvallen van blaasjes en zweertjes rondom de geslachtsdelen of anus.	Niet te genezen. Medicijnen remmen een aanval.	Geen gevolgen
Gonorrhoe	Meer (of andere) afscheiding uit penis of vagina. Branderig gevoel bij het plassen.	Antibiotica	Eileiderontsteking Bijbalontsteking Onvruchtbaarheid
Hiv/aids	Geen specifieke: het hiv-virus tast het afweersysteem aan.	Niet te genezen; hiv-remmers remmen de ziekte.	Vatbaarheid voor allerlei ziekten; aids leidt vaak tot de dood.
Syfilis	Zweertjes of vlekjes op penis, vagina, anus of mond.	Antibiotica	Na jaren: aantasting van organen en anus of mond. Zelfs de dood.

### opdracht 29

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Tijdens seks kun je van iemand griep oplopen. Leg uit dat griep toch geen soa is.
- 2 Wat is de meest voorkomende soa in Nederland?
- 3 Waarom is wassen en afspoelen van de geslachtsorganen na een geslachts-gemeenschap geen goed middel om besmetting met een soa te voorkomen?
- 4 Waardoor is niet exact bekend hoeveel mensen per jaar een soa oplopen?
- 5 Op welke manier kun je de kans op een soa verminderen?
- 6 Sommige jongens en meisjes hebben altijd een condoom bij zich, voor het geval dat ze onverwachts iemand ontmoeten met wie ze seks willen hebben. Op welke twee dingen moet je in elk geval letten bij het gebruik van een condoom?

### opdracht 30

Om te voorkomen dat je bij seks een soa oploopt, is het verstandig een condoom te gebruiken, maar lang niet iedereen wil dat. Ook zijn er situaties waarbij beide partners geen condoom bij zich hebben, maar wel graag seks zouden hebben. Hierna staan tien smoezen om seks te hebben zonder een condoom te gebruiken. Bij de eerste is een reactie gegeven. Kies vijf van de overige smoezen uit. Noteer deze en geef bij iedere smoese een reactie.

- 1 Vertrouw je me niet of zo?  
*Nee, ik denk niet dat je aids hebt en ik vertrouw je best wel, anders waren we hier nu niet. Maar als je iets hebt, dan weet je dat vaak zelf niet. Dus neem ik, met ons allebei, geen risico's. Of: Ik vertrouw jou wel, maar je ex niet.*
- 2 Maar je bent toch aan de pil?
- 3 Als je niet zonder condoom wil vrijen, maak ik het uit.
- 4 Je bent de enige met wie ik het zonder condoom doe.
- 5 Ik weet zeker dat ik niets heb, want ik heb geen klachten.
- 6 Met condoom is er niets aan.
- 7 We zijn toch elkaars eerste?
- 8 Ik ben allergisch voor rubber.
- 9 Ik heb geen condooms bij me en ik kan ze nu niet meer kopen.
- 10 Ik ken niemand met een soa.



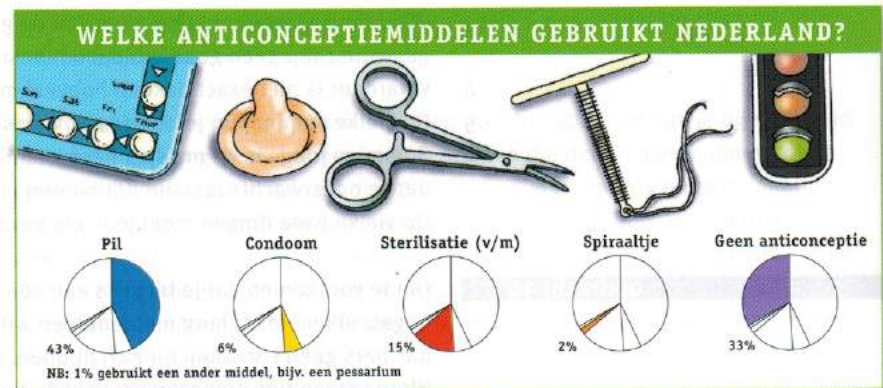
## GEBOORTEREGELING

Condooms zijn niet ontstaan om soa's te voorkomen, maar om zwangerschap te voorkomen. Al in de oudheid werden methoden gebruikt om zwangerschap te voorkomen. In de loop van de twintigste eeuw, vooral na 1950, werden methoden om zwangerschap te voorkomen steeds algemener geaccepteerd.

Door de explosieve groei van de bevolking voeren verschillende landen een bevolkingspolitiek, waarbij voorlichting wordt gegeven over de beperking van het aantal kinderen. In veel landen zorgt geboorteregeling ervoor dat de bevolking niet meer groeit.

Om zwangerschap te voorkomen maakt een groot deel van de Nederlandse bevolking gebruik van **anticonceptiemethoden**. Hierdoor kunnen vrouwen zelf bepalen of en wanneer ze zwanger worden. Het gebruik van de anticonceptiepil is de meest voorkomende methode (zie afbeelding 58). Anticonceptiepillen zijn betrouwbaar en eenvoudig in het gebruik, mits ze op de juiste manier worden gebruikt. Na het stoppen met de pil kan een vrouw meteen weer zwanger raken. Het meest betrouwbaar is sterilisatie, maar dit is niet of alleen met moeite ongedaan te maken. Bij sterilisatie van de man worden de zaadleiters onderbroken, waardoor zaadcellen niet meer vanuit de bijbal bij het sperma kunnen komen. De zaadcellen worden in de bijballen afgebroken. Bij sterilisatie van de vrouw worden de eileiders onderbroken. Zaadcellen kunnen dan niet meer bij de eicel komen. Sterilisatie heeft geen negatieve gevolgen op de werking van de geslachtsorganen.

- **Afb. 58** Welke anticonceptie gebruikt Nederland (gegevens 2008)?



Ook het condoom en spiraaltje zijn bij juist gebruik betrouwbare **anticonceptiemiddelen**. Een spiraaltje wordt door een arts in de baarmoeder geplaatst en voorkomt innesteling. Bij het gebruik van een condoom kan het fout gaan doordat het condoom niet goed wordt gebruikt of de kwaliteit niet goed is. Er zijn nog andere anticonceptiemiddelen, zoals het pessarium, maar deze middelen zijn minder betrouwbaar.

Ongeveer een op de drie stellen gebruikt geen anticonceptiemiddelen. Een deel van deze stellen probeert zwangerschap te voorkomen via **periodieke onthouding**. Tijdens de vruchtbare periode onthouden zij zich van geslachtsgemeenschap. De vruchtbare periode duurt maar een paar dagen, alleen is het bepalen van de vruchtbare periode lastig. Een hulpmiddel om de vruchtbare periode nauwkeuriger te bepalen, is het meten van de lichaamstemperatuur. De lichaamstemperatuur gaat na de ovulatie gemiddeld 0,3 à 0,4 °C omhoog (zie afbeelding 59). Tijdens de volgende menstruatie daalt de temperatuur weer. Door de temperatuur gedurende een aantal maanden dagelijks te meten krijgt een vrouw inzicht in het moment van ovulatie. Door tijdens de menstruatiecycclus ook te letten op andere verschijnse-



- ▼ **Afb. 59** Het verloop van de lichaamstemperatuur van een vrouw gedurende de menstruatiecyclus.



len kan nog nauwkeuriger het moment van ovulatie worden bepaald. Hoewel de ochtendtemperatuurmethode in combinatie met het letten op andere veranderingen theoretisch erg betrouwbaar is, blijken veel vrouwen ondanks deze methode zwanger te raken (zie afbeelding 60).

- **Afb. 60** Pearlindex van een aantal anticonceptiemethoden.

### Pearlindex

De betrouwbaarheid van een anticonceptiemethode wordt aangegeven met de pearlindex. Het cijfer geeft het aantal zwangerschappen aan, dat ondanks het toepassen van de methode ontstaat bij honderd vrouwen die gedurende een jaar lang de methode gebruiken. In de tabel staan twee cijfers: het theoretisch haalbare en het cijfer dat in de praktijk wordt bereikt. Wanneer honderd paren gedurende een jaar samenleven zonder aan vruchtbaarheidsregeling te doen, worden ongeveer 85 vrouwen zwanger. De pearlindex is dan 85. In de praktijk wordt een onzekerheidsmarge gebruikt, doordat soms niet bekend is of de methode wel of niet juist is gebruikt. Er kunnen ook verschillende soorten van het middel zijn of verschillende manieren om de methode toe te passen.

Pearlindex		
	theoretisch	in de praktijk
Zonder anticonceptiemethode		85
Periodieke onthouding		
– standaard dagenmethode	5	12
– via temperatuurmeting	1	2,5-7
Condoom	2	12
Spiraaltje	0,2-1,0	1-3
Anticonceptiepil	0,5	0,2-10
Anticonceptiering (NuvaRing)	0,4	0,65
Sterilisatie		
– man	<0,1	0,5
– vrouw	0,2-2,6	niet bekend



## opdracht 31

Hieronder staat over drie paren informatie. Geef bij ieder paar aan wat jij de beste methode van anticonceptie voor hen vindt. Licht je antwoord toe.

- 1 Margreet en Dik zijn vijftien jaar getrouwd en hebben twee kinderen. Ze willen zeker geen kinderen meer.
- 2 Julian en Esmay ontmoeten elkaar op vakantie. Ze zijn hevig verliefd en gaan met elkaar naar bed.
- 3 Owen en Leyla zijn een paar maanden getrouwd, maar kennen elkaar nu een paar jaar. Ze willen voorlopig nog geen kinderen.

## opdracht 32

In afbeelding 61 is een gedeelte van een internetpagina weergegeven met informatie over een anticonceptiepil.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Op welke drie manieren voorkomen de hormonen in de pil zwangerschap volgens de informatie in afbeelding 61?
- 2 Welk hormoon in deze pil zorgt voor daling van de concentratie LH, waardoor er geen ovulatie optreedt?
- 3 Welk verband bestaat er tussen roken en het gebruik van de pil, volgens de informatie van afbeelding 61?
- 4 Vrouwen die vermoeden dat ze zwanger zijn, mogen de pil niet gebruiken. Vooral vanwege welke werking van de pil mag een zwangere vrouw de pil niet gebruiken volgens de informatie van afbeelding 61?

▼ **Afb. 61** Informatie over een anticonceptiepil.

## Zo werkt de pil

'De pil' is de populaire naam voor zogenoemde orale (= via de mond in te nemen) hormonale voorbehoedmiddelen.

Combinatiepillen bevatten twee verschillende hormonen: een progestageen hormoon (een hormoon met dezelfde werking als progesteron) en een oestrogeen hormoon.

In het lichaam regelen deze hormonen onder meer de maandelijkse cyclus van eisprong en menstruatie. Door het gebruik van een combinatiepil wordt de natuurlijke cyclus zodanig beïnvloed dat er in het algemeen geen eicel meer kan vrijkomen en dat het slijmvlies van de baarmoeder ongeschikt wordt voor de innesteling van een eventueel bevruchte eicel.

Bovendien ontstaat door het gebruik van 'de pil' een slijmprop in het baarmoederhalskanaal die het de zaadcellen zeer moeilijk maakt om in de baarmoeder te komen. Mits men zich nauwkeurig houdt aan de gebruiksaanwijzing en de pil niet vergeet in te nemen, is de betrouwbaarheid van de combinatiepil bijzonder groot.

## Waarschuwingen en voorzorgsmaatregelen

### Roken

Het is van belang dat u uw arts informeert over uw eventuele rookgewoonten. Gebleken is dat het roken van sigaretten de kans op het ontstaan van hart- en vaatziekten bij gelijktijdig gebruik van de pil kan vergroten. Het risico stijgt met de leeftijd en het aantal sigaretten per dag; vijftien of meer sigaretten per dag wordt in dit verband als 'te veel' beschouwd. Aan vrouwen die de pil gebruiken moet het roken worden ontraden, zeker wanneer zij ouder zijn dan 35 jaar.

### Zwangerschap en de pil

Voordat u met het innemen van de pil begint, moet zwangerschap zijn uitgesloten. Wanneer u zich niet aan de gebruiksvorschriften hebt gehouden, moet bij het uitblijven van de maandelijkse bloeding aan zwangerschap worden gedacht. Het verdere gebruik van de pil moet worden uitgesteld totdat zeker is dat u niet zwanger bent.

### Geneesmiddelengebruik

Bepaalde middelen kunnen de doeltreffendheid van de pil verminderen. Hiertoe behoren onder andere sommige kalmeringsmiddelen, enkele middelen ter behandeling van vallende ziekte, rifampicine ter behandeling van tuberculose en sommige antibiotica.



## 8

## Ongewenst kinderloos

Sommige mensen willen dolgraag kinderen, maar kunnen er op een natuurlijke manier geen krijgen. In Nederland krijgt ongeveer één op de zes paren te maken met problemen met vruchtbaarheid en een kinderwens. Wanneer van een stel de vrouw na een jaar onbeschermd vrijen niet zwanger is, kan het stel naar hun huisarts gaan. De huisarts zal dan aan het stel vragen stellen over hun seksleven. Wanneer een huisarts vindt dat er verder onderzoek nodig is, verwijst hij het stel door naar een gynaecoloog. Deze probeert de oorzaak te bepalen. Ter ondersteuning kan hij sperma van de man en bloed van de vrouw voor onderzoek naar een laboratorium sturen. De kwaliteit van het sperma wordt bekeken en het bloed wordt onderzocht op de aanwezigheid van antistoffen tegen chlamydia. Bij ongeveer 30% van de doorverwezen stellen ligt de oorzaak bij de vrouw, bij 30% bij de man en bij 30% bij beiden. Bij 10% van de gevallen wordt geen oorzaak gevonden.

De kans om ongewenst kinderloos te blijven neemt toe naarmate een stel ouder wordt. De kwaliteit van de eicellen neemt af en, hoewel in mindere mate, ook de kwaliteit van het sperma. Doordat de leeftijd waarop vrouwen kinderen krijgen is toegenomen, is het aantal stellen dat problemen heeft met de vruchtbaarheid gegroeid.

Ook de leefstijl is van invloed op de vruchtbaarheid. Roken en alcohol- en drugsgebruik verminderen niet alleen de gezonde ontwikkeling van een foetus, maar verminderen ook de vruchtbaarheid. Van overgewicht, giftige stoffen zoals bestrijdingsmiddelen en sommige geneesmiddelen is ook aangetoond dat ze de vruchtbaarheid verminderen.

Verminderde vruchtbaarheid kan ook worden veroorzaakt door infecties zoals soa's, en erfelijke aandoeningen zoals hormoonstoornissen.

#### HET OPHEFFEN VAN ONGEWENSTE KINDERLOOSHEID

Er zijn verschillende oorzaken waardoor een paar kinderloos kan zijn. Daardoor zijn er ook verschillende methoden om toch te proberen zwanger te worden. Soms wordt kinderloosheid veroorzaakt doordat de man of de vrouw een bepaald hormoon niet of te weinig aanmaakt. In dat geval kunnen hormonen worden ingenomen of ingespoten. Het opwekken van de eisprong met hormonen noemt men ovulatie-inductie (OI).

Wanneer er weinig zaadcellen in het sperma aanwezig zijn, kan worden gekozen voor kunstmatige inseminatie met zaadcellen van de eigen partner (KIE).

Tegenwoordig wordt het zaad met een dun slangetje meteen in de baarmoeder gespoten. Dit heet intra uteriene inseminatie (IUI). 'Uteriene' komt van het Latijnse woord voor de baarmoeder: uterus. IUI wordt ook toegepast als gezonde zaadcellen de baarmoedermond niet kunnen passeren.

Bij vrouwen die kinderloos zijn doordat de eileiders niet goed werken of ondoorlaatbaar zijn, kan in-vitrofertilisatie (IVF) een uitkomst bieden. IVF is een vruchtbaarheidsbehandeling waarbij de bevruchting buiten het lichaam plaatsvindt. 'In vitro' betekent 'in glas' en 'fertilisatie' betekent 'bevruchting'. Dit wordt ook wel reageerbuisbevruchting genoemd (zie afbeelding 62). Bij te weinig goed bewegende zaadcellen lukt kunstmatige inseminatie niet altijd. Ook in deze gevallen kan worden gekozen voor IVF.



## ▼ Afb. 62 IVF.

## In-vitrofertilisatie (IVF)

### Wat is IVF?

IVF is een behandeling bij bepaalde vormen van onvruchtbaarheid, waarbij eicellen buiten het lichaam van de vrouw worden bevrucht.

### Wie komt in aanmerking voor IVF?

De meest voorkomende redenen dat een vrouw in aanmerking voor IVF komt, zijn:

- Eicellen kunnen niet via de eileiders naar de baarmoeder.
- Gedurende langere tijd is geen oorzaak gevonden voor het uitblijven van een zwangerschap.
- Andere vruchtbaarheidsbevorderende maatregelen hadden geen succes.

### Wanneer komt een vrouw niet in aanmerking voor IVF?

In Nederland komen in het algemeen vrouwen boven de 41 jaar niet in aanmerking voor IVF.

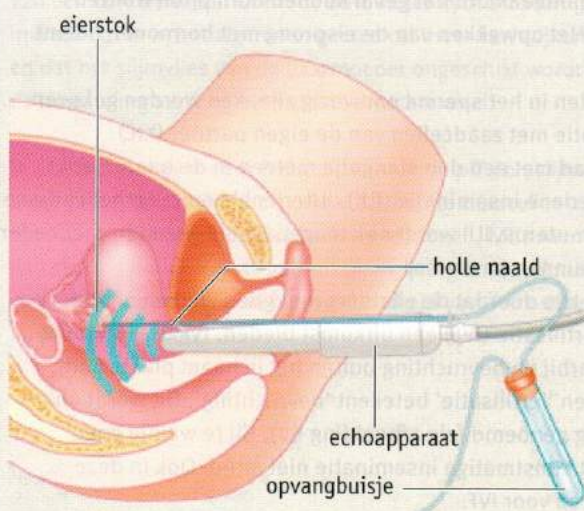
### De behandeling

#### De stimulatie

Door middel van een hormonenkuur worden in de eierstokken meerdere eicellen tot rijping gebracht.

#### De punctie

Met behulp van echo worden met een holle naald door de vaginawand heen rijpe follikels in de eierstokken aangeprikt. Deze worden vervolgens leeggezogen en de eicellen worden opgevangen. De vrouw krijgt hierbij via een infuus pijnstilling of er wordt plaatselijk verdoofd.



#### De bevruchting

Nadat de eicellen zijn verzameld, wordt de man gevraagd om sperma te produceren. De eicellen en het sperma gaan naar een laboratorium waar meteen de kwaliteit van het sperma wordt onderzocht. Als de kwaliteit van het sperma goed is, mag het paar naar huis.

Vervolgens brengt men in het laboratorium de eicellen en zaadcellen samen. Dan wordt enkele dagen gewacht op een mogelijke bevruchting; gemiddeld vindt deze plaats op de tweede dag na de punctie.



#### De plaatsing

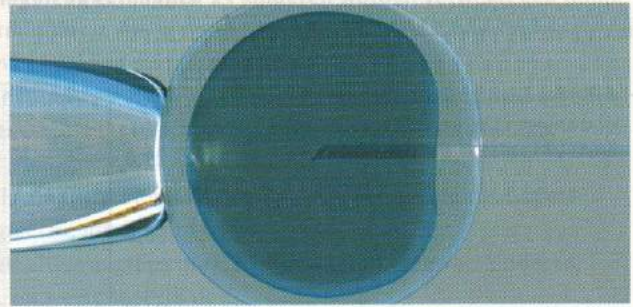
Enkele dagen na de punctie plaatst de arts meestal een en soms twee embryo's in de baarmoeder. Hierna is het afwachten of de vrouw zwanger is. Na ongeveer twee weken kan een zwangerschapstest worden gedaan. De zwangerschap verloopt verder normaal.





**Wat is ICSI?**

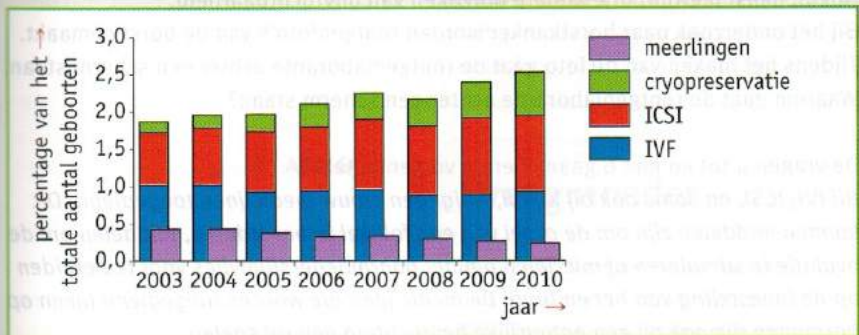
Bij ICSI (intracytoplasmatische sperma-injectie) brengt men met een naald één zaadcel in een eicel. De behandeling voor het stel is verder precies hetzelfde als een IVF-behandeling. ICSI vindt meestal plaats als er te weinig bewegende zaadcellen zijn, of wanneer er geen bevruchting is geweest bij een eerdere IVF-behandeling.



**Wat is cryopreservatie?**

Cryopreservatie betekent 'ijskoud bewaren'. Tijdens een vruchtbaarheidsbehandeling (IVF of ICSI) ontstaan meestal meerdere embryo's. Embryo's die niet worden gebruikt, kunnen worden ingevroren in vloeibare stikstof. Later kunnen deze embryo's eventueel in de baarmoeder worden geplaatst in een natuurlijke cyclus, zonder de hormonenkuur en punctie. Het gebruik van gecryopreserveerde embryo's kent strenge regels. Het ziekenhuis en de ouders stellen een contract op waarin onder andere de bewaartermijn staat en wat er met de embryo's gebeurt bij een echtscheiding of het overlijden van een van de partners.

**Aantal reageerbuisbevruchtingen**



**Het succes van IVF in 2010**



Bron: Landelijke IVF-cijfers, december 2011.

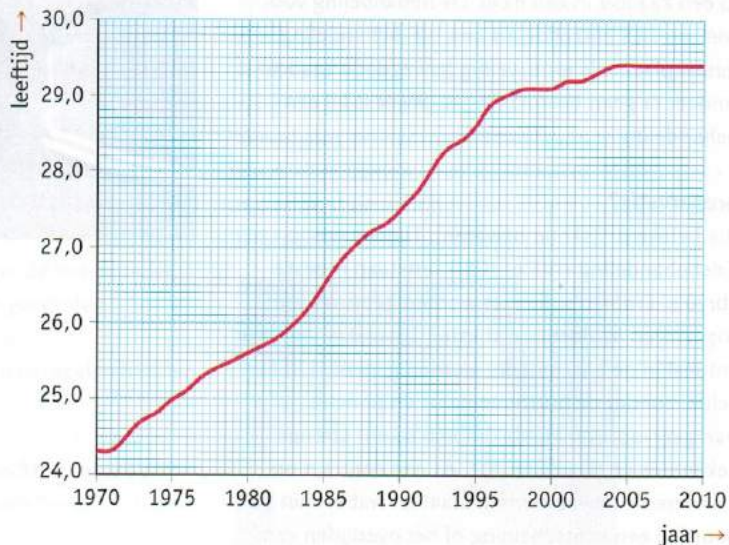


## opdracht 33

## Beantwoord de volgende vragen.

De vruchtbaarheid neemt af naarmate je ouder wordt. Dit speelt bij vrouwen een grotere rol dan bij mannen. De gemiddelde leeftijd waarop vrouwen kinderen krijgen, is gestegen van 24 jaar in 1970 naar 29 jaar in 2010 (zie afbeelding 63).

- **Afb. 63** Leeftijd waarop vrouwen hun eerste kind krijgen in de periode 1970 tot 2010.  
Bron: CBS, 2012.



- 1 Verklaar met behulp van het diagram van afbeelding 63 de toename van het aantal paren dat ongewenst kinderloos is.
- 2 Noem, naast leeftijd, drie andere oorzaken van onvruchtbaarheid.
- 3 Bij het onderzoek naar borstkanker worden röntgenfoto's van de borst gemaakt. Tijdens het maken van de foto gaat de röntgenlaborante achter een scherm staan. Waarom gaat de röntgenlaborante achter een scherm staan?

De vragen 4 tot en met 6 gaan over de volgende tekst.

*Bij IVF/ICSI, en soms ook bij KI/UII, krijgt een vrouw medicijnen toegediend. Dit kunnen middelen zijn om de groei van een follikel te bevorderen, middelen om de ovulatie te stimuleren of middelen om het baarmoederslijmvlies voor te bereiden op de innesteling van het embryo. De medicijnen die worden toegediend lijken op hormonen die ook bij een natuurlijke bevruchting een rol spelen.*

- 4 Welk hormoon bevordert de groei van een follikel?
- 5 Welk hormoon stimuleert de ovulatie?
- 6 Welke hormonen bereiden het baarmoederslijmvlies voor op de innesteling?
- 7 Bij ivf blijven na terugplaatsing vaak embryo's over die worden ingevroren. Welke onderzoeksmogelijkheid biedt het invriezen van deze embryo's?

## opdracht 34

## Beantwoord de volgende vragen door jouw mening te geven.

Beargumenteer steeds je mening.

Wanneer de zaadcellen van de eigen partner niet geschikt zijn, kan kunstmatige inseminatie met zaadcellen van een donor (KID) worden overwogen. Sinds 2004 kunnen mannen niet meer anoniem donor worden. Vanaf 12 jaar hebben kinderen het recht op inzage in het donorpaspoort, maar nog zonder de persoonsgegevens. Vanaf 16 jaar mogen de kinderen een verzoek indienen om te worden geïnformeerd over de identiteit van de donor.



- 1 Door de donorregistratie is het aantal zaadceldonoren afgenomen. Ben jij ervoor of ertegen dat kinderen van zaadceldonoren het recht moeten hebben om, als ze dat willen, contact te hebben met hun biologische vader?
- 2 Met de zaadcellen van een donor mogen 25 kinderen worden verwekt. Een donor kan dit aantal wel verminderen. Als jij donor zou zijn, hoeveel kinderen zou jij dan maximaal willen laten verwekken met je zaadcellen?
- 3 Een paar dat geen aanspraak meer wil maken op de embryo's die zijn overgebleven na ivf, kan deze embryo's ter beschikking stellen voor de wetenschap. Zou jij dat doen?
- 4 Door allerlei medische technologieën kunnen vrouwen op steeds hogere leeftijd kinderen krijgen (zie afbeelding 64).  
Wat vind jij: zou er een uiterste grens moeten zijn waarop vrouwen kinderen mogen krijgen? Zo ja, op welke leeftijd dan?
- 5 Wanneer innesteling of groei van een embryo in de baarmoeder niet mogelijk is, biedt draagmoederschap een mogelijkheid (zie afbeelding 65).  
Vind jij draagmoederschap toelaatbaar?

## ► Afb. 64

### Oudste moeder van Nederland

21 maart 2011 – Een 63-jarige vrouw is in het Medisch Centrum Leeuwarden bevallen van een gezonde dochter. De vrouw kwam een maand geleden al in de publiciteit als oudste zwangere vrouw van Nederland. De baby is via een keizersnede geboren. De vrouw werd zwanger na een ivf-behandeling in een Italiaanse kliniek. Voor de baby is gebruikgemaakt van een donoreicel en donorzaadcel. De arts die de vrouw heeft behandeld, vindt dat de leeftijds grens voor het moederschap rond de 63 jaar zou moeten liggen. Veel Nederlandse artsen vinden dat dat rond de 45 jaar zou moeten zijn.

## ► Afb. 65

### Draagmoeder

Een vrouw bij wie de baarmoeder niet functioneert, is onvruchtbaar. Zo'n vrouw kan toch een eigen kind krijgen, als ze de hulp inroept van een draagmoeder. De onvruchtbare vrouw ondergaat eerst een ivf-behandeling. De embryo's die dan ontstaan, worden bij een andere vrouw geïmplant. De draagmoeder doorloopt de zwangerschap en brengt het kind ter wereld. Direct na de geboorte staat ze het kind af aan de biologische ouders.

De draagmoeder krijgt betaald voor haar zwangerschap; het bedrag is vooraf contractueel vastgelegd. Problemen zijn denkbaar wanneer de draagmoeder te veel gehecht raakt aan haar baby en van het contract af wil. Ook ontstaan er problemen als een kind ziekten of afwijkingen heeft. De Nederlandse wet stelt dat degene die het kind baart de moeder is. De draagmoeder moet dus eerst afstand doen van het kind en vervolgens het kind ter adoptie aanbieden aan de biologische moeder.

**Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.**

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.



# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context de ontwikkelingen tijdens de puberteit en adolescentie kunnen beschrijven.

- Puberteit is de periode waarin het lichaam volwassen wordt.
  - De puberteit loopt gemiddeld van 10 tot 17 jaar.
  - Tijdens de puberteit ontstaan secundaire geslachtskenmerken.
  - Primaire geslachtskenmerken zijn de kenmerken die een kind bij de geboorte al heeft.
  - Tijdens de puberteit worden meisjes voor het eerst ongesteld en ontstaan bij jongens zaadcellen.
  - Tijdens de puberteit treden gedragsveranderingen op.
- Adolescentie is de periode waarin een mens geestelijk volwassen wordt.
  - In Nederland neemt men vaak het einde van de puberteit als begin van de adolescentie. Het einde is dan tussen de 20 en 25 jaar.
  - Tijdens de adolescentie word je zelfstandig.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen uitleggen dat veel eigenschappen van organismen zijn ontstaan doordat ze de kans op voortplanting vergroten.

- Natuurlijke selectie is een proces waarbij organismen ontstaan met aanpassingen aan hun omgeving.
  - Hoe groter de kans is dat een organisme zich kan voortplanten, hoe groter de kans dat dit organisme zijn genen aan de volgende generatie kan doorgeven.
  - Eigenschappen die de kans op het overleven van een organisme vergroten, vergroten ook de kans op voortplanting voor het organisme.
- Seksuele selectie bevordert verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke dieren.
  - Door seksuele voorkeur van de ene sekse voor de andere sekse kunnen eigenschappen ontstaan die de overlevingskans van een individu lijken te verminderen, maar die de kans op voortplanting vergroten. Bijv. de staart van een pauw.
  - Door concurrentie tussen individuen van dezelfde sekse kunnen verschillen tussen mannetjes en vrouwtjes ontstaan, bijv. mannetjes die veel groter zijn dan vrouwtjes van dezelfde soort.

- Balts is gedrag dat bij veel diersoorten voorafgaat aan de voortplanting.
  - Balts bestaat uit een aantal vaste handelingen die elkaar opvolgen.
  - Bij mensen ligt het voortplantingsgedrag niet op deze manier vast.
- Seksueel gedrag: al het gedrag dat met de seksualiteit van mensen te maken heeft.
  - Ongewenst seksueel gedrag: seksueel gedrag van iemand gericht op een ander die dat niet wil.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de verschillen tussen geslachtelijke voortplanting en ongeslachtelijke voortplanting kunnen toepassen en in verband kunnen brengen met evolutionair voordeel.

- Mutaties: verandering in het DNA van een organisme.
  - Mutaties treden regelmatig op tijdens de replicatie van het DNA.
  - Door mutaties kunnen eigenschappen van organismen veranderen.
- Door geslachtelijke voortplanting vindt recombinatie van chromosomen plaats.
  - Geslachtelijke voortplanting: reproductie waarbij twee ouderlijke individuen zijn betrokken.
  - Gameten: eicellen en zaadcellen.
  - Bevruchting: het versmelten van de kern van een eiwcel met de kern van een zaadcel.
  - Door bevruchting vindt recombinatie van chromosomen plaats.
  - Door geslachtelijke voortplanting ontstaat variatie in de nakomeling.
  - Variatie vergroot de overlevingskans van een populatie.
- Door ongeslachtelijke voortplanting ontstaan nakomelingen die identiek zijn aan de ouder.
  - Ongeslachtelijke voortplanting: reproductie waarbij één ouderlijk individu betrokken is.
  - Prokaryoten en protisten planten zich ongeslachtelijk voort door zich te delen.
  - Bij meercellige organismen groeit een deel van het organisme uit tot een nieuw organisme.
  - Door het ontbreken van variatie onder de nakomelingen is de kans op het verspreiden van een ziekte groot en ontstaat concurrentie.

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen uitleggen hoe door meiose geslachtscellen (gameten) ontstaan en hoe bevruchting verloopt.

- Het aantal chromosomen per celkern is voor elk soort organisme constant.



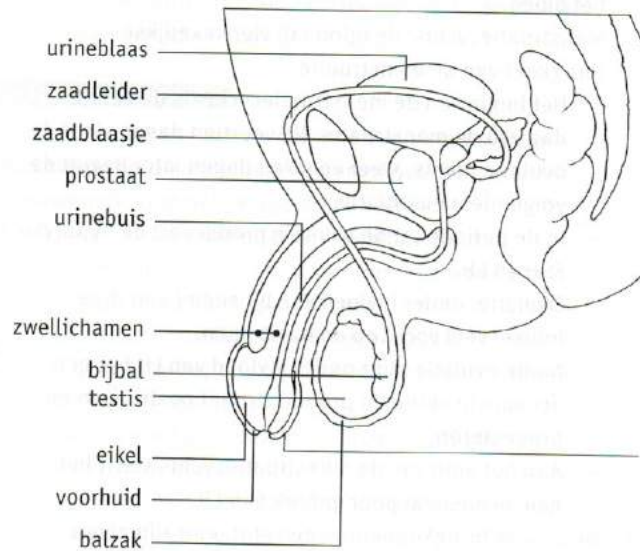
- De lichaamscellen van de meeste planten en dieren zijn diploïd: van ieder type chromosoom bevat een lichaamscel er twee, één paar.
  - Diploïd wordt weergegeven met  $2n$ , waarbij  $n$  staat voor het aantal paren chromosomen.
- Geslachtscellen zijn haploïd: van ieder type chromosoom bevat een geslachtscel er één.
  - Haploïd wordt weergegeven met  $n$ .
  - Bij bevruchting versmelten twee geslachtscellen waardoor een diploïde zygote ontstaat.
  - Bij de mens bevatten de geslachtscellen 23 chromosomen ( $n=23$ ).
- Bij meiose worden uit diploïde moedercellen ( $2n$ ) haploïde geslachtscellen gevormd ( $n$ ).
  - De meiose bestaat uit twee elkaar opvolgende delingen: meiose I en meiose II.
  - Meiose I (reductiedeling):  $2n \rightarrow n + n$ . Er ontstaan twee haploïde cellen.
  - Meiose II:  $n + n \rightarrow n + n + n + n$ . Uit de twee haploïde cellen ontstaan vier haploïde cellen.
- Bij een man vindt meiose plaats in de testes.
  - Zaadcellen worden ook spermacellen genoemd.
  - Zaadcellen kunnen bewegen en bevatten veel mitochondriën.
- Bij een vrouw vindt meiose plaats in de ovaria.
  - Alle cytoplasma komt in één dochtercel te liggen: de eicel.
  - De andere dochtercellen (poollichaampjes) gaan te gronde.
  - Follikel: blaasje met een eicel in een eierstok, dat tijdens de ontwikkeling van een eicel groter wordt en uiteindelijk openbarst.
  - Ovulatie: het openbarsten van een follikel waardoor een eicel vrijkomt.
- Door bevruchting ontstaat uit twee haploïde cellen één diploïde cel.
  - Bevruchting vindt in een eileider plaats.
  - Door het ontstaan van een bevruchtingsmembraan kan maar één zaadcel een eicel bevruchten.

#### DOELSTELLING 5

Je moet in een context de delen van het voortplantingsstelsel van de mens kunnen beschrijven.

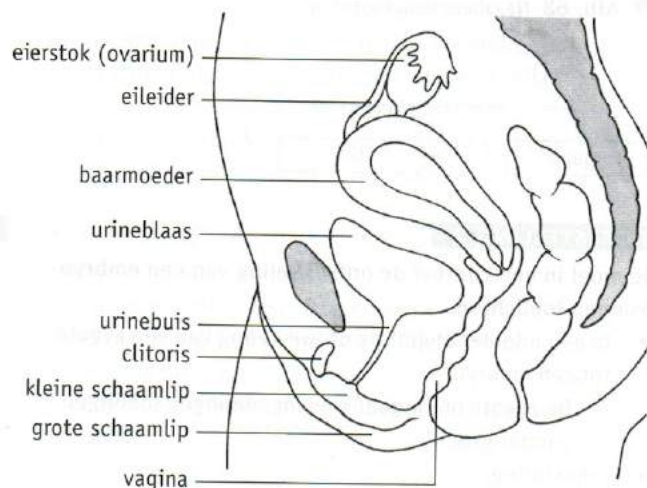
- Delen van het voortplantingsstelsel van de man.

#### ▼ Afb. 66 Het mannelijk voortplantingsstelsel.



- Delen van het voortplantingsstelsel van de vrouw.

#### ▼ Afb. 67 Het vrouwelijk voortplantingsstelsel.



#### DOELSTELLING 6

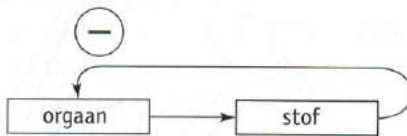
Je moet in een context de werking van hormoonklieren en de hormonale regeling van de voortplanting van de mens kunnen beschrijven en toelichten.

- Hormoonklieren geven hormonen af aan het bloed.
  - Hormonen zijn chemische stoffen die processen in het lichaam regelen.
  - Hormonen spelen een rol bij celcommunicatie.
  - Alleen cellen die 'gevoelig' zijn voor een bepaald hormoon reageren op het hormoon.
- Geslachtshormonen: stoffen die via het bloed de werking van de voortplantingsorganen regelen.



- Het mannelijk geslachtshormoon heet testosteron.
- Het vrouwelijk geslachtshormoon heet oestrogeen.
- De hypofyse geeft o.a. de hormonen FSH en LH af aan het bloed.
- Menstruatiecyclus: de (globaal) vierwekelijkse terugkeer van de menstruatie.
  - Het begin van de menstruatiecyclus is de eerste dag van de menstruatie. Na veertien dagen vindt de ovulatie plaats, weer veertien dagen later begint de volgende menstruatie.
  - In de periode tot de ovulatie produceert de hypofyse FSH en LH.
  - Ovulatie: onder invloed van LH neemt een rijpe follikel veel vocht op en barst open.
  - Na de ovulatie blijft onder invloed van LH het gele lichaam in stand en produceert het oestrogeen en progesteron.
  - Aan het eind van de menstruatiecyclus sterft het gele lichaam af door gebrek aan LH.
- Negatieve terugkoppeling: een stof remt zijn eigen aanmaak.
  - In een schema wordt remming aangegeven met - en stimulering met +.

▼ Afb. 68 Negatieve terugkoppeling.



#### DOELSTELLING 7

Je moet in een context de ontwikkeling van een embryo kunnen toelichten.

- In een eileider begint de ontwikkeling van een zygote tot een embryo.
  - De zygote ondergaat klievingsdelingen (delingen zonder groei).
- Innesteling.
  - Het beginnende embryo groeit ongeveer zeven dagen na de ovulatie in het baarmoederslijmvlies.
  - De buitenste laag van het bolletje cellen vormt het buitenste vruchtvlies.
  - De placenta vormt o.a. het hormoon HCG waardoor het gele lichaam in stand blijft.
  - Het gele lichaam vormt progesteron waardoor geen nieuwe eicellen tot ontwikkeling komen.
- Aan de binnenzijde van het klompje ontwikkelt zich het embryo.
  - De holte waarin zich het embryo bevindt, is gevuld met vruchtwater.
  - Het embryo en het vruchtwater zijn omgeven door

vruchtvliezen.

- De navelstreng verbindt het embryo met de placenta.
- In de placenta vindt uitwisseling van stoffen plaats.
  - Voedingsstoffen en zuurstof gaan van het bloed van de moeder naar het bloed van het embryo en afvalstoffen gaan van het bloed van het embryo naar het bloed van de moeder.
  - Ook ziekteverwekkers, sommige geneesmiddelen, alcohol, nicotine en drugs kunnen door de membranen in de placenta heen.
- Vanaf de achtste week na de bevruchting wordt het embryo foetus genoemd.

#### DOELSTELLING 8

Je moet in een context de fasen van de geboorte kunnen toelichten.

- Weeën zijn samentrekkingen van de baarmoeder.
- Indaling.
  - Door indalingsweeën komt het hoofdje van de foetus in de bekkenholte te liggen.
- Ontsluiting.
  - Door weeën aan het begin van de geboorte worden de baarmoederhals en baarmoedermond wijder.
  - Tijdens de ontsluiting breken vaak de vruchtvliezen.
- Uitdrijving.
  - Door persweeën komt het kind ter wereld.
- Nageboorte.
  - De placenta, de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen verlaten het lichaam van de moeder.

#### DOELSTELLING 9

Je moet in een context seksualiteit kunnen toelichten en een mening kunnen geven over verschillende vormen van seksualiteit.

- Seksualiteit speelt een rol bij het vormen en onderhouden van een relatie.
  - Seksualiteit: menselijke gevoelens en handelingen die een rol spelen bij lust en opwinding.
  - Seksualiteit bevestigt een relatie tussen personen en door seksualiteit kan iemand genot ervaren.
  - In verschillende culturen wordt verschillend omgegaan met seksualiteit.
  - Seksualiteit kan gericht zijn op iemand van de andere sekse (heteroseksualiteit), op iemand van dezelfde sekse (homoseksualiteit) of op beide (biseksualiteit).
- Seksueel misbruik vindt plaats als seksuele handelingen plaatsvinden zonder de instemming van de ander of als de ander vanwege leeftijd, afhankelijkheid of geestelijke gezondheid niet in staat wordt geacht duidelijk te maken dat de handelingen ongewenst zijn.



- Voorbeelden van seksueel misbruik: aanranding, verkrachting, incest, pedoseksuele handelingen.

**DOELSTELLING 10**

Je moet in een context de risico's op infectie met seksueel overdraagbare aandoeningen kunnen toelichten.

- Een soa (seksueel overdraagbare aandoening) is een infectieziekte.
  - Soa's worden overgedragen via sperma, bloed, vaginaal vocht en bij contact van slijmvliesen.
- Veilig vrijen: maatregelen nemen om de kans op een soa te verkleinen.
- Voorbeelden van soa's.
  - Chlamydia, gonorrhoe (druiper) en syfilis worden door bacteriën veroorzaakt en zijn te behandelen met antibiotica.
  - Aids en herpes genitalis worden door virussen veroorzaakt en zijn vaak slecht te behandelen. Iemand die niet ziek is maar wel met hiv (het aidsvirus) is besmet wordt seropositief genoemd.

**DOELSTELLING 11**

Je moet in een context methoden voor geboorteregeling en hun voor- en nadelen kunnen beschrijven.

- Geboorteregeling is het beperken van het aantal geboorten door het voorkomen van zwangerschap.
  - Anticonceptiemethoden: manieren om zwangerschap te voorkomen.
  - Anticonceptiemiddelen: hulpmiddelen bij het voorkomen van zwangerschap.
- De anticonceptiepil is het meest gebruikte anticonceptiemiddel.
  - De pil bevat hormonen waardoor de ovulatie wordt onderdrukt en geen eicellen vrijkomen.
  - De anticonceptiepil is betrouwbaar en makkelijk in het gebruik.
- Een condoom voorkomt dat zaadcellen in de vagina komen.
  - Een condoom beschermt ook tegen soa's.
  - Bij juist gebruik zijn condooms betrouwbaar.
- Een spiraaltje voorkomt innesteling.
  - Wordt door een arts in de baarmoeder geplaatst.
  - Een spiraaltje is betrouwbaar bij juist gebruik.
- Sterilisatie: onderbreken van de zaadleiters bij de man en eileiders bij de vrouw.
  - Sterilisatie is een definitieve methode voor anticonceptie.
  - Sterilisatie is erg betrouwbaar.
- Periodieke onthouding: geen geslachtsgemeenschap tijdens de vruchtbare periode.
  - De vruchtbare periode loopt van ongeveer drie dagen voor de ovulatie tot een dag na de ovulatie.

- De lichaamstemperatuur stijgt tijdens de ovulatie enkele tienden van een graad.
- Bij juist gebruik is periodieke onthouding via de temperatuurmethode betrouwbaar. In de praktijk gaat het vaak fout.

**DOELSTELLING 12**

Je moet oorzaken kunnen noemen van verminderde vruchtbaarheid en manieren kunnen beschrijven om ongewenste kinderloosheid op te heffen.

- Oorzaken van verminderde vruchtbaarheid.
  - Leeftijd: vooral bij vrouwen neemt de vruchtbaarheid na het dertigste jaar af.
  - Leefstijl: voeding, alcoholgebruik, roken, bepaalde geneesmiddelen, straling en gevaarlijke stoffen.
  - Hormoonstoornissen.
  - Aandoeningen aan de geslachtsorganen.
- Kunstmatige inseminatie (KI).
  - Bij een vrouw wordt sperma ingebracht van een man.
  - Bij IUI wordt sperma direct in de baarmoeder gespoten.
  - Bij ICSI wordt een zaadcel in de eicel geïnjecteerd.
- In-vitrofertilisatie (IVF): bevruchting vindt buiten het lichaam plaats.
  - IVF kan toegepast worden indien inwendige bevruchting niet tot zwangerschap leidt, bijv. doordat de eileiders ondoorlaatbaar zijn.
  - Cryopreservatie: resterende embryo's van een IVF-behandeling worden ingevroren.

**COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN**

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd informatie te selecteren en te interpreteren;
- geoefend in het herkennen van onjuiste uitspraken met betrekking tot seksualiteit;
- geoefend in het geven van een beargumenteerde mening.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- inzicht gekregen in het belang van voortplanting;
- inzicht gekregen in het voorkomen van seksueel misbruik;
- geoefend in het geven van je mening over seksualiteit van de mens.



# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen over de tekst van afbeelding 69.

- 1 Welke primaire geslachtskenmerken worden in de tekst genoemd?
- 2 In de tekst staan nummers. Welke nummers geven gebeurtenissen aan die kenmerkend zijn voor de puberteit?
- 3 Hoe worden de lichamelijke veranderingen genoemd die tijdens de puberteit ontstaan?
- 4 Welke van de genummerde gebeurtenissen is of zijn kenmerkend voor de adolescentieperiode?

## ▼ Afb. 69

### Borsten

Bij de geboorte hebben zowel jongens als meisjes twee tepels en een zeer kleine hoeveelheid borstweefsel (1). Tijdens de puberteit beginnen de borsten van een meisje te groeien, waarbij ze verschillende stadia doorlopen. De borsten groeien doordat er meer vetweefsel ontstaat en doordat het melkklierweefsel zich gaat ontwikkelen (2). Wanneer een vrouw voor het eerst zwanger is, vindt er nog een verdere ontwikkeling plaats in de borsten om deze voor te bereiden op hun functie bij het voeden van de baby (3). De borsten van een vrouw hebben niet alleen een functie bij het zogen van een baby, maar ook bij de seksualiteit. Veel tieners maken zich zorgen om de grootte van hun borsten (4). Sommige meisjes overwegen zelfs een borstvergroting. In Nederland is er geen minimumleeftijd voor een borstvergroting. Het is wel zo dat de plastisch chirurg bij meisjes die nog minderjarig zijn een aantal strikte voorschriften en regels moet hanteren. Je lichaam moet volledig uitgegroeid zijn en je moet een goed idee hebben van jezelf en hoe je in het leven staat (5).

## DOELSTELLING 2

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Door natuurlijke selectie neemt de variatie van de nakomelingen toe.
- 2 De kans van een individu om genen door te geven aan zijn nakomeling is afhankelijk van zijn kans op voortplanting.

In afbeelding 70 zie je drie dierenparen. De vragen 3 tot en met 5 gaan over deze afbeelding.

## ▼ Afb. 70



1 bizons



2 duiven



3 eenden

- 3 Bij alle drie diersoorten vindt natuurlijke selectie plaats.
- 4 Bij bizons en duiven vindt geen seksuele selectie plaats.
- 5 De kleuren van een mannetjeseend spelen een rol bij de voortplanting.
- 6 In de voortplantingstijd vertonen mannetjesstekelbaarsjes agressief gedrag tegen andere stekelbaarsmannetjes. Dit agressief gedrag is een onderdeel van de balts van stekelbaarsmannetjes.
- 7 Het gedrag van dieren dat voorafgaat aan de voortplanting wordt balts genoemd.
- 8 Een arm om een vriend of vriendin leggen kan ongewenst seksueel gedrag zijn.

## DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Welke van de volgende uitspraken is juist?
  - 1 Verschillen tussen nakomelingen die zijn ontstaan door ongeslachtelijke voortplanting worden altijd veroorzaakt door mutaties.
  - 2 Bij geslachtelijke voortplanting is de kans op mutaties kleiner dan bij ongeslachtelijke voortplanting.
    - A Geen van beide.
    - B Alleen uitspraak 1.
    - C Alleen uitspraak 2.
    - D Beide uitspraken zijn juist.



2 In afbeelding 71 is een salomonszegel met een wortelstok getekend. Een wortelstok is een ondergrondse, horizontaal groeiende stengel. De wortelstok wordt op de plaatsen 1 en 2 doorsneden. De delen P en Q ontwikkelen zich tot zelfstandige planten.

Hieronder staan twee uitspraken over de planten die uit de delen P en Q zijn ontstaan.

1 Deze planten zijn ontstaan door ongeslachtelijke voortplanting.

2 De planten verschillen in erfelijke informatie.

Welke van deze uitspraken is juist?

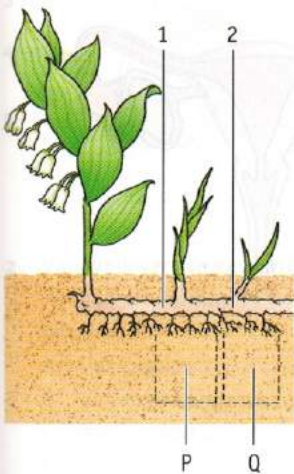
A Geen van deze uitspraken.

B Alleen uitspraak 1.

C Alleen uitspraak 2.

D Beide uitspraken zijn juist.

▼ Afb. 71



3 Kan door ongeslachtelijke voortplanting variatie in nakomelingen ontstaan? En door geslachtelijke voortplanting?

A Door geen van beide ontstaat variatie in de nakomelingen.

B Alleen door ongeslachtelijke voortplanting.

C Alleen door geslachtelijke voortplanting.

D Zowel door ongeslachtelijke als door geslachtelijke voortplanting.

4 Vindt bij ongeslachtelijke voortplanting recombinatie van chromosomen plaats? En bij geslachtelijke voortplanting?

A Bij geen van beide vindt recombinatie van chromosomen plaats.

B Alleen bij ongeslachtelijke voortplanting.

C Alleen bij geslachtelijke voortplanting.

D Zowel bij ongeslachtelijke als bij geslachtelijke voortplanting.

5 Wanneer het erg droog is, erg warm is of als er weinig voedsel beschikbaar is, raken planten in de stress. Stress van planten kan een reden zijn om van ongeslachtelijke voortplanting over te gaan tot geslachtelijke voortplanting.

Welk voordeel heeft geslachtelijke voortplanting in stressvolle situaties?

A Door geslachtelijke voortplanting is er minder energie nodig om voor nakomelingen te zorgen.

B Door geslachtelijke voortplanting kunnen er meer nakomelingen ontstaan.

C Door geslachtelijke voortplanting neemt de concurrentie tussen de planten toe.

D Door geslachtelijke voortplanting ontstaat meer variatie waardoor de overlevingskans van de populatie toeneemt.

6 De eencellige pantoffeldiertjes kunnen zich, afhankelijk van de milieuomstandigheden, zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk voortplanten.

Onder welke milieuomstandigheden, gelijkblijvende of wisselende, biedt geslachtelijke voortplanting dan wel ongeslachtelijke voortplanting meer voordeel?

*Gelijkblijvende*

*Wisselende*

*omstandigheden*

*omstandigheden*

A geslachtelijk

geslachtelijk

B geslachtelijk

ongeslachtelijk

C ongeslachtelijk

geslachtelijk

D ongeslachtelijk

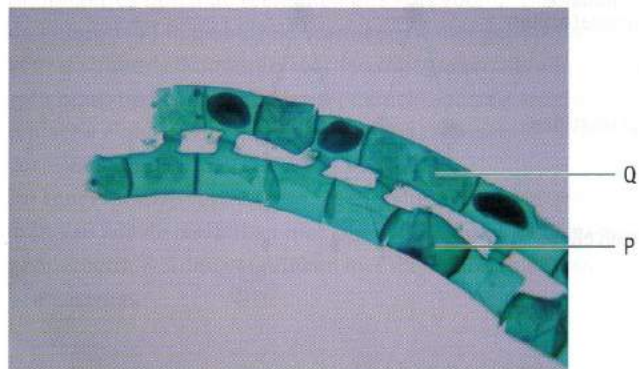
ongeslachtelijk

#### DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

1 Draadwieren kunnen zich op twee manieren voortplanten. Bij de ene vorm van voortplanting breekt een stukje van een wier af. Dit stukje groeit weer uit tot een nieuw wier. Bij de andere vorm van voortplanting wordt een zygote gevormd (zie afbeelding 72). De twee wieren vormen uitstulpingen, die met elkaar een verbinding

▼ Afb. 72





vormen. Via deze verbinding verplaatst een cel uit wier P zich naar een cel uit wier Q. Beide cellen versmelten met elkaar zodat een zygote ontstaat. Deze zygote ondergaat meiose, waarna een nieuw draadwiel groeit. Het aantal chromosomen van de zygote is 28.

Hoe groot is het aantal chromosomen van een cel in wier P?

- A 7.
- B 14.
- C 28.
- D 56.

In afbeelding 73 is het ontstaan van zaadcellen weergegeven. Met stippellijnen zijn vier processen weergegeven met de letters P, Q, R en S.

De vragen 2 en 3 gaan over deze afbeelding.

2 Delen van het voortplantingsstelsel van de man zijn: bijballen, prostaat, testes en zaadblaasjes.

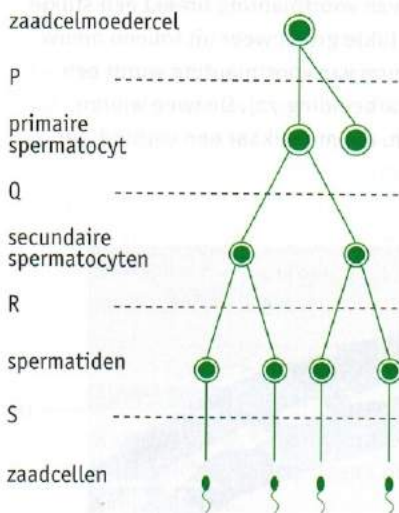
In welk van deze organen vinden de processen P, Q, R en S plaats?

- A Alleen in de testes.
- B Alleen in de bijballen en de testes.
- C Alleen in de prostaat en de zaadblaasjes.
- D In alle genoemde delen.

3 Vanaf welk proces zijn de cellen die ontstaan haploïd (hebben  $n$  chromosomen)?

- A Vanaf proces P.
- B Vanaf proces Q.
- C Vanaf proces R.
- D Vanaf proces S.

▼ Afb. 73



4 Hieronder staan twee beweringen over gameten.

- 1 Gameten ontstaan door mitose.
- 2 Gameten zijn haploïde cellen.

Welke van deze beweringen is (zijn) juist?

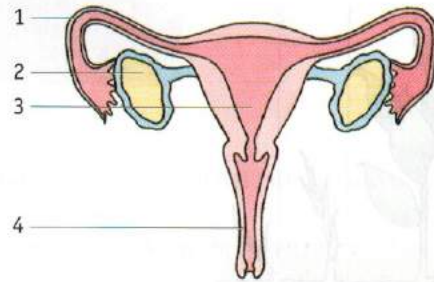
- A Geen van beide.
- B Alleen 1.
- C Alleen 2.
- D Beide uitspraken zijn juist.

5 In afbeelding 74 is het voortplantingsstelsel van een vrouw schematisch getekend.

In welk van de genummerde organen vindt bevruchting plaats?

- A In orgaan 1.
- B In orgaan 2.
- C In orgaan 3.
- D In orgaan 4.

► Afb. 74



DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

▼ Afb. 75

Onderzoek naar de grootte van de penis

De penis blijft ook onderzoekers bezighouden. Volgens Koreaans onderzoek bestaat er een verband tussen de lengte van de penis en de verhouding tussen de wijsvinger- en de ringvingerlengte. Hoe kleiner de verhouding, hoe langer de penis. Het zou volgens de onderzoekers allemaal samenhangen met de hoeveelheid mannelijk geslachtshormoon waaraan mannelijke foetussen worden blootgesteld tijdens de zwangerschap. Volgens andere wetenschappers is de hoeveelheid mannelijk geslachtshormoon ook verantwoordelijk voor de grootte van de andere delen van het mannelijk geslachtsorgaan, zoals de balzak. De grootte van de delen van het geslachtsorgaan blijkt overigens niet samen te hangen met de hoeveelheid zaadcellen en sperma die mannen produceren.



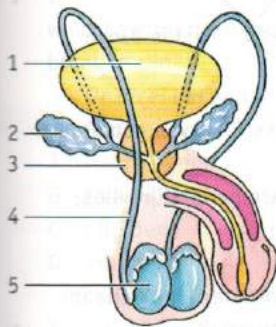
De vragen 1 tot en met 3 horen bij het artikel van afbeelding 75.

1 In afbeelding 76 is het voortplantingsstelsel van een man schematisch getekend.

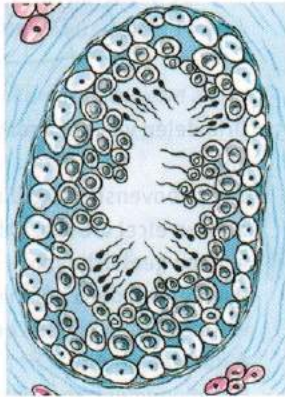
Welke van de genummerde organen produceren een bestanddeel van sperma?

- A Alleen de organen 1 en 5.
- B Alleen de organen 2 en 3.
- C Alleen de organen 2, 3 en 5.
- D De organen 1, 2, 3 en 5.

▼ Afb. 76



▼ Afb. 77



2 Van welk van de genummerde organen in afbeelding 76 is in afbeelding 77 een doorsnede sterk vergroot getekend?

- A Van orgaan 2.
- B Van orgaan 3.
- C Van orgaan 4.
- D Van orgaan 5.

3 Twee functies van delen van het voortplantingsstelsel van de man zijn:

- 1 opslag van rijpe zaadcellen;
- 2 productie van hormonen.

Welke van deze functies wordt of worden uitgeoefend door een of meer delen van de penis?

- A Geen van deze functies.
- B Alleen functie 1.
- C Alleen functie 2.
- D Beide functies.

4 Drie processen die plaats kunnen vinden in het voortplantingsstelsel van de vrouw zijn:

- 1 het binnenkomen van sperma in het lichaam van de vrouw;
- 2 innesteling;
- 3 de ontwikkeling van eicellen.

Welk(e) van deze processen vindt (vinden) plaats in de vagina?

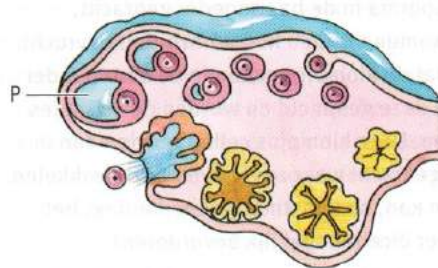
- A Alleen proces 1.
- B Alleen de processen 1 en 2.
- C Alleen de processen 2 en 3.
- D De processen 1, 2 en 3.

5 In afbeelding 78 is een deel van het voortplantingsstelsel van een vrouw schematisch getekend.

Wat is de functie van deel P?

- A In dit deel vindt bevruchting plaats.
- B In dit deel vindt de ontwikkeling van het embryo plaats.
- C In dit deel vindt de ontwikkeling van een eikel plaats.
- D In dit deel wordt na geslachtsgemeenschap het sperma tijdelijk opgeslagen.

▼ Afb. 78



#### DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

Maak bij deze vragen gebruik van de tabellen over hormonen in *Binas* of *Biodata*.

Van de zeventiende tot in de negentiende eeuw was het tamelijk gebruikelijk om jongens die als kind goed konden zingen vóór de puberteit te castreren, dat wil zeggen hun teelballen te verwijderen. Een gevolg daarvan was dat ze niet 'de baard in de keel' kregen, zodat hun stem hoog bleef. Door het ontbreken van de teelballen waren castraten onvruchtbaar en vertoonden hun lichaamsbouw enkele typische verschillen ten opzichte van ongecastreerde mannen.

Bij jongetjes dalen de teelballen pas kort voor of vlak na de geboorte af in de balzak. Wanneer dit niet gebeurt, kan vóór de puberteit operatief worden ingegrepen. Zonder zo'n operatie is de jongen later onvruchtbaar. De overige typische eigenschappen van een castraat komen bij deze vorm van onvruchtbaarheid niet voor.

De concentraties testosteron en LH in het bloed van een man van wie de teelballen niet zijn ingedaald en die niet is geopereerd, worden vergeleken met die in het bloed van een castraat.



- 1 Is de concentratie testosteron bij de castraat gemiddeld hoger of lager dan bij de man met niet-ingedaalde teelballen? En de concentratie LH?

De concentratie testosteron is De concentratie LH is

- |         |       |
|---------|-------|
| A hoger | hoger |
| B hoger | lager |
| C lager | hoger |
| D lager | lager |

De volgende gegevens horen bij de vragen 2 en 3.

Bij runderen komt de werking van de geslachtshormonen overeen met die bij de mens. Meestal krijgt een koe slechts één kalfje per jaar. Van erg 'goede' koeien wil men graag veel kalveren hebben. Door middel van een speciale techniek kan dat worden bereikt. Door toediening van een hormoon is het mogelijk om in een koe meer dan één eicel tegelijk te laten rijpen. Vervolgens wordt via kunstmatige inseminatie (KI) sperma in de baarmoeder gebracht, waarna de vrijgekomen eicellen kunnen worden bevrucht. Op het moment dat de klompjes cellen in de baarmoeder aankomen, wordt deze gespoeld en worden de klompjes cellen opgevangen. Deze klompjes cellen worden dan in andere koeien ingebracht waar ze zich verder ontwikkelen.

- 2 Welk hormoon kan, na kunstmatige toediening, het rijpen van meer eicellen tegelijk bevorderen?

- A FSH.
- B LH.
- C Oestrogeen.
- D Progesteron.

- 3 Als het baarmoederslijmvlies van een koe waarin een klompje cellen wordt ingebracht in de juiste conditie is, zal het embryo zich innestelen.

Welk hormoon zorgt er vervolgens voor dat het ingesnelde klompje cellen niet met het baarmoederslijmvlies wordt afgestoten?

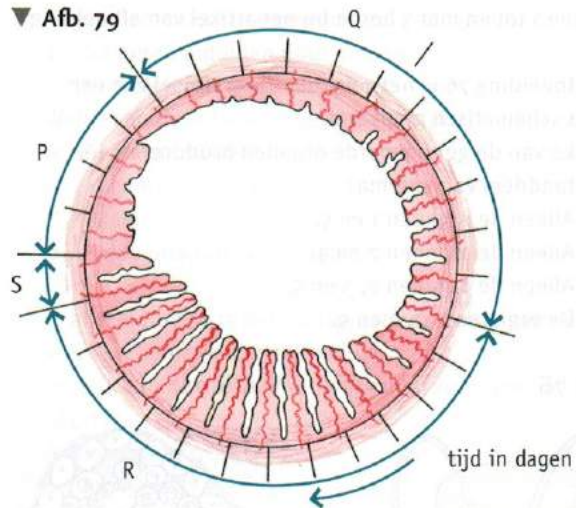
- A FSH.
- B LH.
- C Oestrogeen.
- D Progesteron.

- 4 In afbeelding 79 is een menstruatiecyclus weergegeven die 28 dagen duurt. De letters P, Q, R en S geven bepaalde perioden in deze cyclus aan. In het binnenste deel van afbeelding 79 is schematisch de verandering van het baarmoederslijmvlies getekend.

In welke periode is per 24 uur de groei van de follikel die in deze cyclus zal openbarsten het sterkst?

- A In periode P.
- B In periode Q.
- C In periode R.
- D In periode S.

▼ Afb. 79



- 5 Drie delen van het voortplantingsstelsel van een vrouw zijn:

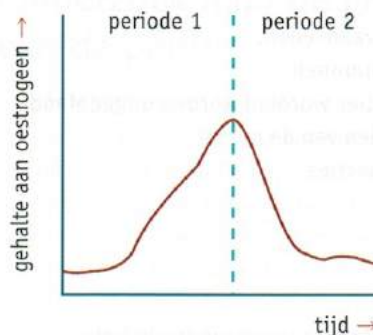
- 1 de bovenste laag van het baarmoederslijmvlies;
- 2 een eicel die niet is bevrucht;
- 3 een geel lichaam.

Welk(e) van deze delen verlaat (verlaten) het lichaam van een vrouw tijdens een menstruatie?

- A Alleen deel 1.
- B Alleen deel 2.
- C Alleen de delen 1 en 2.
- D De delen 1, 2 en 3.

- 6 In afbeelding 80 is het gehalte aan oestrogeen in het bloed van een vrouw gedurende een menstruatiecyclus weergegeven in een grafiek. In de menstruatiecyclus worden twee perioden onderscheiden.

▼ Afb. 80



Wordt het oestrogeen in periode 1 geproduceerd door een geel lichaam of door een rijpende follikel? En in periode 2?

- A Het oestrogeen wordt zowel in periode 1 als in periode 2 geproduceerd door een geel lichaam.
- B Het oestrogeen wordt zowel in periode 1 als in periode 2 geproduceerd door een rijpende follikel.



- 3 C Het oestrogeen wordt in periode 1 geproduceerd door een geel lichaam en in periode 2 door een rijpende follikel.
- 4 D Het oestrogeen wordt in periode 1 geproduceerd door een rijpende follikel en in periode 2 door een geel lichaam.

**DOELSTELLING 7**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

Gebruik hierbij de context 'Zwangerschap en de verloskundige'.

- 1 Waar bevond de eicel zich tijdens de bevruchting? En waar bevond het embryo zich toen Guusje over tijd bleek te zijn?
- | <i>De eicel bevond zich in de</i> | <i>Het embryo bevond zich in de</i> |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| A baarmoeder                      | baarmoeder                          |
| B baarmoeder                      | eileider                            |
| C eileider                        | baarmoeder                          |
| D eileider                        | eileider                            |
- 2 Twee hormonen die in het bloed van een zwangere vrouw worden aangetroffen zijn HCG en progesteron. Welk van deze hormonen wordt met een zwangerschapstest aangetoond? En door welk orgaan wordt dit hormoon geproduceerd?
- A HCG, dat wordt door een embryo geproduceerd.
- B HCG, dat wordt door een geel lichaam geproduceerd.
- C Progesteron, dat wordt door een embryo geproduceerd.
- D Progesteron, dat wordt door een geel lichaam geproduceerd.
- 3 Op een tienwekenecho is soms de navelstreng te zien. De navelstreng bevat drie bloedvaten. Zijn dit alleen bloedvaten van de foetus, alleen bloedvaten van de moeder of bloedvaten van zowel de foetus als de moeder?
- A Het zijn alleen bloedvaten van de foetus.
- B Het zijn alleen bloedvaten van de moeder.
- C Het zijn zowel bloedvaten van de foetus als van de moeder.
- 4 Een verloskundige vraagt een moeder ook of ze alcohol heeft gedronken en of ze rookt. Welke van de stoffen alcohol en nicotine kan via de placenta in het bloed van een ongeboren kind komen?
- A Alleen alcohol.
- B Alleen nicotine.
- C Zowel alcohol als nicotine.

## ZWANGERSCHAP EN DE VERLOSKUNDIGE

Guusje en Peter hebben een tienwekenecho laten maken. Trots laat Guusje aan iedereen die dat wil de foto van de echo zien.

Tijdens het gesprek bij de verloskundige vertelden Guusje en Peter dat het bijna meteen raak was. Guusje was een paar maanden voor ze zwanger werd gestopt met de pil. Vier weken na het stoppen was Guusje nog niet ongesteld geworden. Eigenlijk vond Guusje dat niet zo vreemd, want voordat ze met de pil begon was haar menstruatie niet erg regelmatig. Toen ze twee weken over tijd was, dacht ze dat ze misschien toch zwanger was. Samen met Peter besloot ze de volgende dag een zwangerschapstest te kopen.

De uitslag was positief. Ze belden meteen de huisarts.

De volgende dag moest ze langskomen en ochtendurine meenemen. De huisarts bevestigde dat ze zwanger was en verwees haar door naar een verloskundige.

De eerste afspraak bij de verloskundige was toen ze tien weken over tijd was. De verloskundige nam de bloeddruk op en nam wat bloed af. Ze vertelde dat het bloed zou worden getest, waarbij ook de bloedgroep en de resusfactor zouden worden bepaald. Guusje en Peter konden zelf beslissen of er een echo zou worden gemaakt. Deze tienwekenecho wordt niet vergoed maar werd kosteloos aangeboden door de verloskundigenpraktijk. Guusje en Peter wilden wel graag zien hoe hun baby'tje er nu uitziet. De foto van de echo kregen ze mee naar huis.

De verloskundige vertelde dat er bij twintig weken nog een echo zou worden gemaakt. Deze twintigwekenecho zou wel worden vergoed door de verzekering. De twintigwekenecho wordt tussen de 18 en 22 weken van de zwangerschap gemaakt. Hiermee kunnen bepaalde afwijkingen worden ontdekt, zoals een open ruggetje en afwijkingen aan bijvoorbeeld het hart, de armen en de benen. Gelukkig blijkt in de meeste gevallen het kindje gezond te zijn. Ook is op deze echo te zien of het een jongetje of een meisje is. De verloskundige vraagt van tevoren aan de ouders of ze dat wel of niet willen weten.

Vanaf twintig weken zijn er regelmatig controles bij de verloskundige, maar er worden dan alleen nog echo's gedaan als daar aanleiding voor is.

► **Afb. 81**





- 5 Tijdens de groei heeft een ongeborn kind voedingsstoffen en zuurstof nodig en worden afvalstoffen afgegeven.  
Hoe komt het ongeborn kind aan voedingsstoffen en zuurstof en hoe raakt het afvalstoffen kwijt?
- A Voedingsstoffen en zuurstof worden opgenomen uit het bloed van de moeder en afvalstoffen worden afgegeven aan het bloed van de moeder.
  - B Voedingsstoffen en zuurstof worden opgenomen uit het bloed van de moeder, de afvalstoffen komen in het vruchtwater.
  - C Voedingsstoffen worden opgenomen uit het bloed van de moeder, zuurstof wordt opgenomen uit het vruchtwater en afvalstoffen worden afgegeven aan het bloed van de moeder.

**DOELSTELLING 8**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Weeën zijn samentrekkingen van spieren in de baarmoederwand.
- 2 Tijdens de indaling wordt de placenta uitgedreven.
- 3 Tijdens de ontsluiting komt de foetus met zijn hoofdje in de bekkenholte te liggen.
- 4 Voordat de baby wordt geboren, hebben de vruchtvlieszen het moederlichaam al verlaten.
- 5 Voordat de baby wordt geboren, heeft het vruchtwater het moederlichaam verlaten.

**DOELSTELLING 9**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat verstaan we onder seksualiteit?
- 2 Welk verband bestaat er tussen lichaamsversiering en seksualiteit?
- 3 Van mensen met een androgyn uiterlijk wordt vaak beweerd dat ze homoseksueel zijn.  
Door welke misvatting wordt dit veroorzaakt?
- 4 In een psychiatrische instelling wordt een verpleger verliefd op een van de patiënten. Na de opname klaagt de patiënte de verpleger aan vanwege seksueel misbruik, hoewel zij tijdens de opname instemde met de relatie.  
Op grond waarvan kan de patiënte gelijk hebben?

**DOELSTELLING 10**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Een soa is een infectieziekte.
- 2 De kans op een soa neemt toe door veilig vrijen.
- 3 Door orale seks kun je een soa oplopen.
- 4 Chlamydia is te behandelen met antibiotica.
- 5 Wanneer bij een vrouw chlamydia is geconstateerd, is het verstandig als ook haar partner wordt behandeld.

- 6 Het gebruik van goedgekeurde condooms vermindert de kans op het oplopen van aids.
- 7 Acties om het gebruik van condooms te stimuleren veroorzaken een toename van soa's, doordat meer mensen seks met elkaar hebben.
- 8 Iemand is pas seropositief als hij aids heeft.

**DOELSTELLING 11**

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 82.

- 1 Zal de Nederlandse bevolking, volgens de cijfers in de tabel, afnemen, gelijk blijven of toenemen?
- 2 Is in landen zoals Frankrijk sprake van bevolkingspolitiek? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 82

**Vruchtbaarheid in Europa**

Het vruchtbaarheids- of geboortecijfer geeft het aantal kinderen aan dat een vrouw gemiddeld tijdens haar leven krijgt. Al een aantal jaren kampt een aantal landen in Europa met een laag vruchtbaarheidscijfer. De politiek denkt dat dit onder andere te maken heeft met het aantal vrouwen dat werkt. Door maatregelen te nemen die het krijgen van kinderen stimuleren, denken sommige politici dat het vruchtbaarheidscijfer groter zal worden.

In de tabel zijn vruchtbaarheidscijfers van enkele Europese landen weergegeven. In Italië werken ten opzichte van andere landen weinig vrouwen, toch is het vruchtbaarheidscijfer laag. Duitsland heeft erg gunstige regelingen voor zwangerschap en zwangerschapsverlof, maar heeft toch maar een geboortecijfer van 1,4. Het is daarom maar zeer de vraag of stimuleringsmaatregelen in de vorm van goede voorzieningen als kinderopvang en financiële bonussen een effect hebben op het geboortecijfer. Het enige land dat enig succes lijkt te hebben is Frankrijk, dat zeer gunstige regelingen heeft. Zo krijgen ouders na de geboorte van het derde kind € 750,- per maand tijdens het ouderschapsverlof.

**Vruchtbaarheidscijfer van enkele Europese landen**

Ierland	2,1	Estland	1,6
Frankrijk	2,0	Griekenland	1,5
Verenigd Koninkrijk	2,0	Duitsland	1,4
Finland	1,9	Oostenrijk	1,4
Zweden	1,9	Italië	1,4
Nederland	1,8	Spanje	1,4
Denemarken	1,8	Polen	1,4
België	1,8	Portugal	1,3



- 3 Blijkt uit de cijfers in afbeelding 82 dat regelingen om het aantrekkelijker te maken om kinderen te krijgen veel effect hebben?
- 4 Hoe werkt de anticonceptiepil?
- 5 Het gebruik van een condoom om de geboorte te regelen blijkt theoretisch betrouwbaar te zijn, maar in de praktijk ontstaan ondanks het gebruik van een condoom toch veel zwangerschappen. Wat zou hier een verklaring voor kunnen zijn?
- 6 Wat is de meest voorkomende oorzaak dat na geslachtsgemeenschap geen zwangerschap optreedt?
- 7 Bij periodieke onthouding is het van belang het moment van de ovulatie te bepalen. Noem twee methoden om het moment van ovulatie te bepalen.

**DOELSTELLING 12**

Hieronder staat over een aantal onderwerpen informatie. Bij iedere informatie staan een of meerdere uitspraken. Noteer of de uitspraken juist zijn of onjuist.

De kans op een miskraam is circa 9% voor vrouwen tussen 20 en 24 jaar, meer dan 50% voor vrouwen van 42 jaar en zelfs tot 75% voor 45-jarige vrouwen.

- 1 Op grond van deze informatie valt te verwachten dat er meer miskramen ontstaan als de leeftijd waarop vrouwen kinderen krijgen, toeneemt.

Een echtpaar heeft een kindwens, maar het lukt niet om zwanger te worden. De arts die hen behandelt, stelt kunstmatige inseminatie (KI) voor.

- 2 Bij KI vindt de bevruchting altijd buiten het lichaam van de vrouw plaats.

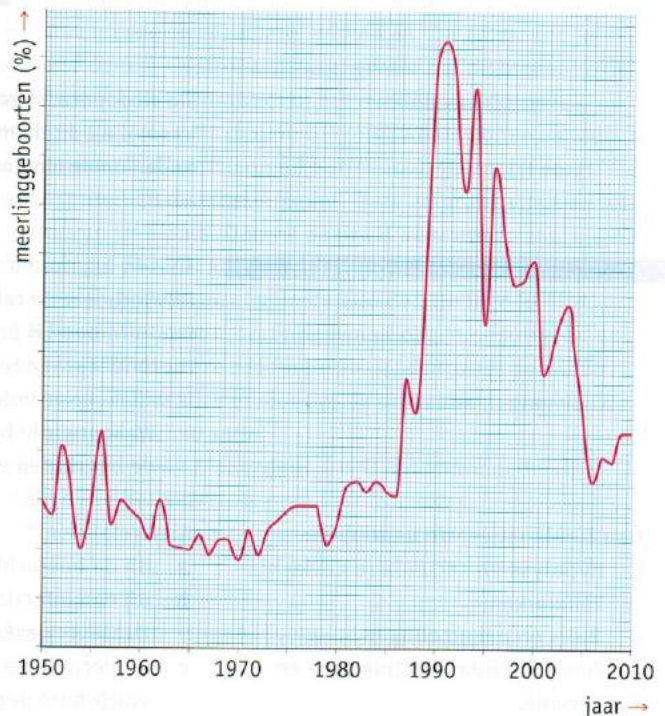
Een man produceert voldoende zaadcellen, maar de zaadcellen komen bij een zaadlozing niet in het sperma.

- 3 Deze afwijking kan worden veroorzaakt door een aandoening aan de geslachtsorganen.

In afbeelding 83 is het aantal meerlinggeboorten (geboorten waarbij drie-, vier- of vijflingen ontstaan) ten opzichte van het totale aantal geboorten in Nederland in de periode 1950 tot 2010 weergegeven. De stijging in de jaren tachtig van de vorige eeuw werd veroorzaakt door de introductie van in-vitrofertilisatie (IVF).

- 4 Bij IVF vindt bevruchting van één eicel met meerdere zaadcellen plaats.
- 5 De daling van het aantal meerlinggeboorten vanaf 1990 komt doordat bij IVF minder embryo's in het lichaam van de vrouw worden geplaatst.

▼ Afb. 83



Controleer met het antwoordenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.



# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

Tussen begrippen die je in de basisstof hebt geleerd, bestaan relaties. Bijvoorbeeld de relatie tussen de hypofyse en de ovulatie: doordat de hypofyse het hormoon LH produceert, komt de ovulatie van een rijpe eicel op gang. Hieronder staan tien combinaties van begrippen en tien relaties. De relaties staan in willekeurige volgorde.

– Welke relatie hoort bij welke combinatie van begrippen? Noteer het cijfer van de begrippen en zet er de letter van de juiste relatie achter.

Tien combinaties van begrippen:

- 1 Hypofyse en secundaire geslachtskenmerken.
- 2 Balts en nakomelingen.
- 3 Geslachtelijke voortplanting en variatie.
- 4 Diploïde cellen en bevruchting.
- 5 Seksuele opwinding en zwellichamen.
- 6 Placenta en het gele lichaam.
- 7 Weeën en geboorte.
- 8 Seropositief en hiv.
- 9 Anticonceptiemethode en ovulatie.
- 10 Soa en ongewenste kinderloosheid.

Tien relaties:

- a Bij de bevruchting worden chromosomen van twee individuen gemengd.
- b Bij een infectie met een ziekteverwekker ontstaan antistoffen tegen de ziekteverwekker.
- c Bij periodieke onthouding heb je geen geslachtsgemeenschap tijdens de vruchtbare periode.
- d De uitdrijving vindt plaats door samentrekking van de baarmoeder.
- e Door een infectie kunnen de eileiders afgesloten raken, waardoor zaadcellen en eicellen niet meer bij elkaar kunnen komen.
- f Door het hormoon HCG vindt bij zwangere vrouwen geen menstruatie plaats.
- g Door het stijgen van de productie van FSH en LH in de puberteit maken de geslachtsorganen meer geslachtshormonen (bij mannen testosteron en bij vrouwen oestrogenen).
- h Door seksuele prikkeling kunnen de penis en de clitoris stijf worden.
- i Door de versmelting van twee celkernen ontstaan cellen met  $2n$  chromosomen.
- j Specifiek gedrag dat aan de paring voorafgaat, vergroot de kans om genen door te geven.

## opdracht 2

*Anticonceptie (examen havo 2003-1)*

Er is een nieuwe manier van anticonceptie op de markt gebracht onder de naam Persona. Op de meeste dagen is geen anticonceptie nodig. Persona geeft aan welke dagen dat zijn. Persona meet hiervoor de concentratie van twee hormonen die voorkomen in ochtendurine en die de menstruatiecycclus regelen. De fabrikant geeft voor Persona een betrouwbaarheid van 94% op, voor vrouwen die gedurende een jaar dit anticonceptiemiddel toepassen.

- 1 Wat wil in dit geval een betrouwbaarheid van 94% zeggen voor vrouwen die gedurende een jaar Persona gebruiken?
  - A Dat er bij hen bij 94 van de 100 keer gemeenschap geen kans bestaat op zwangerschap.
  - B Dat er bij hen van 94 vrouwen gemiddeld 6 zwanger worden.
  - C Dat er bij hen van 94 vrouwen zeker 6 zwanger worden.
  - D Dat er bij hen van 100 vrouwen gemiddeld 6 zwanger worden.
  - E Dat er bij hen van 100 vrouwen zeker 6 zwanger worden.



De bijsluiter van Persona bevat de volgende informatie over de menstruatiecyclus. In het begin van de menstruatiecyclus komt er in een van de eierstokken een eicel tot ontwikkeling in een follikel; deze eicel zal later vrijkomen. De groeiende follikel produceert steeds meer oestrogeen. Oestrogeen zorgt ervoor dat de binnenbekleding van de baarmoeder dikker wordt. Ongeveer in het midden van de cyclus bereikt de oestrogeenconcentratie een maximum. Dit zorgt weer voor een snelle stijging van een ander hormoon: het luteïniserend hormoon (LH). Het LH zorgt ervoor dat de follikel opspringt en de eicel vrijkomt. Deze eisprong vindt 24 tot 36 uur na de snelle stijging van LH plaats. Daarna daalt LH weer net zo snel als het is gestegen. Na de eisprong kan de eicel gedurende ongeveer 24 uur worden bevrucht. Gebeurt dit niet, dan sterft de eicel af in de eileider. De lege follikel ontwikkelt zich tot geel lichaam. Dat produceert nog twaalf dagen oestrogeen en een ander hormoon: progesteron. Als deze productie stopt, dan zorgt de snelle daling van de beide hormoonconcentraties ervoor dat de binnenbekleding van de baarmoeder wordt afgestoten: de menstruatie.

Als in een cyclus op dag 15 de eisprong plaatsvindt, heeft het baarmoederslijmvlies nog niet de maximale dikte bereikt.

2. Waarom is dit geen probleem voor de innesteling van de blastula (= het ontwikkelend embryo)?

In de gebruiksaanwijzing van Persona staat het volgende:

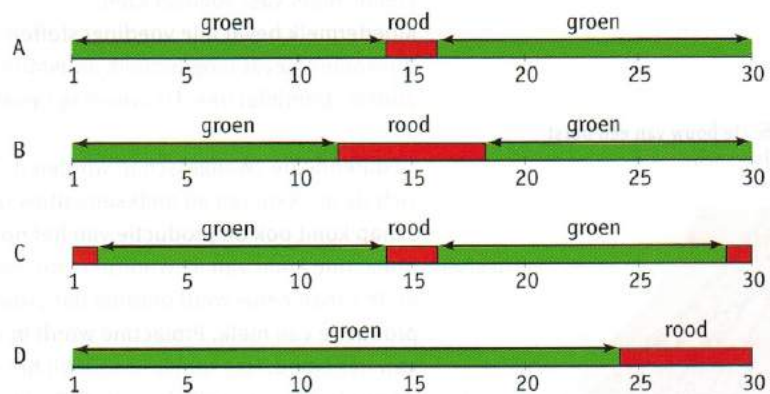
Persona meet op bepaalde momenten in de cyclus de concentraties in de urine van twee hormonen: E3G (een vorm van oestrogeen) en LH. Als het groene lampje brandt, is het met het oog op ongewenste zwangerschap veilig om gemeenschap te hebben zonder gebruik van een aanvullend anticonceptiemiddel. Als het rode lampje brandt, is het niet veilig om onbeschermd gemeenschap te hebben.

3. Welke tekening van afbeelding 84 geeft in een cyclus van dertig dagen een juiste weergave van de veilige en onveilige dagen?

Persona heeft net als de anticonceptiepil, het pessarium en het spiraaltje een belangrijk nadeel in vergelijking met het condoom.

4. Noem dit nadeel.

► Afb. 84

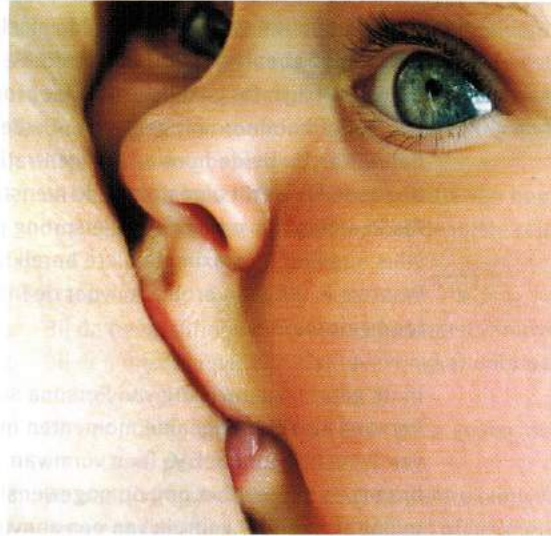




# 1 Borstvoeding

In de basisstof heb je geleerd dat zoogdiermoeders hun nakomelingen kortere of langere tijd voeden via speciale klieren die een melkachtige vloeistof afscheiden. In deze verrijksstof leer je hoe dat gaat bij mensen.

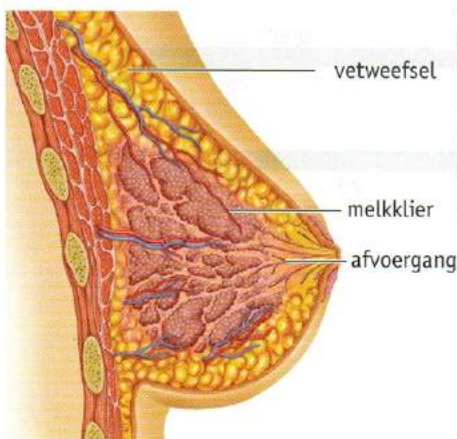
► **Afb. 85** Borstvoeding.



Vlak na de geboorte wordt de baby een zuigeling genoemd. Een zuigeling drinkt melk als voeding. Bijna 80% van de moeders geeft na de geboorte borstvoeding, de andere 20% begint meteen met flesvoeding. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt zijn doordat de melkproductie van de moeder niet goed verloopt. Na een half jaar is het aantal moeders dat borstvoeding geeft gedaald tot ongeveer 25%. Een deel van de moeders combineert dan borstvoeding met flesvoeding. Ook gaat de baby steeds meer vast voedsel eten.

Moedermelk bevat alle voedingsstoffen die nodig zijn voor de groei van de baby. Bovendien bevat moedermelk antistoffen die de baby beschermen tegen onder andere darminfecties. Flesvoeding bevat deze antistoffen niet.

▼ **Afb. 86** De bouw van een borst (lengtedoorsnede).



Gedurende de zwangerschap worden de borsten groter. In de borsten ontwikkelen zich de melkklieren en melkkanaaltjes (zie afbeelding 86). Tijdens de zwangerschap komt ook de productie van het hormoon prolactine op gang. Het woord prolactine komt van de woorden 'pro' en 'lactus', die 'voor' en 'melk' betekenen. In de vorige eeuw werd ontdekt dat prolactine zoogdiervrouwtjes aanzet tot de productie van melk. Prolactine wordt in de hypofyse geproduceerd en afgegeven aan het bloed. Het speelt een rol bij het vergroten van de melkklieren en stimuleert de productie van melk door de melkklieren.



Na de geboorte daalt de concentratie van prolactine, maar iedere keer als de baby aan de tepels zuigt, wordt de hypofyse gestimuleerd tot afgifte van prolactine. Ook wordt door het zuigen de hypofyse geprikkeld om het hormoon oxytocine af te geven. Door oxytocine trekken spiertjes rond de melkklieren samen waardoor melk in de afvoergangen van de melkklieren wordt geperst. Dit vrijkomen van de melk heet de toeschietreflex. Onder invloed van oxytocine trekt ook de baarmoeder samen, waardoor de baarmoeder sneller terugkeert naar zijn oorspronkelijke grootte dan bij flesvoeding. Oxytocine heeft veel functies en speelt ook een rol in de binding tussen moeder en kind.

## opdracht 1

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 In de tekst worden twee voordelen genoemd van borstvoeding. Welke zijn dat?
- 2 Welke rol speelt prolactine bij het zogen van een zuigeling? En welke rol speelt oxytocine?
- 3 Vóór een koe melk kan geven, moet ze eerst een kalfje krijgen. Het krijgen van een kalfje heet kalven.  
Noem twee veranderingen die door het kalven in de uiers van een koe optreden.
- 4 Sommige koeien krijgen ontstekingen aan de uiers waardoor ze niet kunnen worden gemolken.  
Welk gevolg heeft dit voor de melkproductie?

Hieronder staat een deel van een tekst over borstvoeding. De vragen 5 en 6 gaan over deze tekst.

*Soms stopt de lactatieperiode spontaan na enkele maanden van lactatie. Dit wordt ook wel 'droogvallen' genoemd. In veel gevallen is het 'droogvallen' te ondervangen door gedurende een korte periode frequenter te voeden. Een oorzaak van zo'n periode van verminderde melkproductie kan het gebruik van een oestrogeen bevattende anticonceptiepil zijn.*

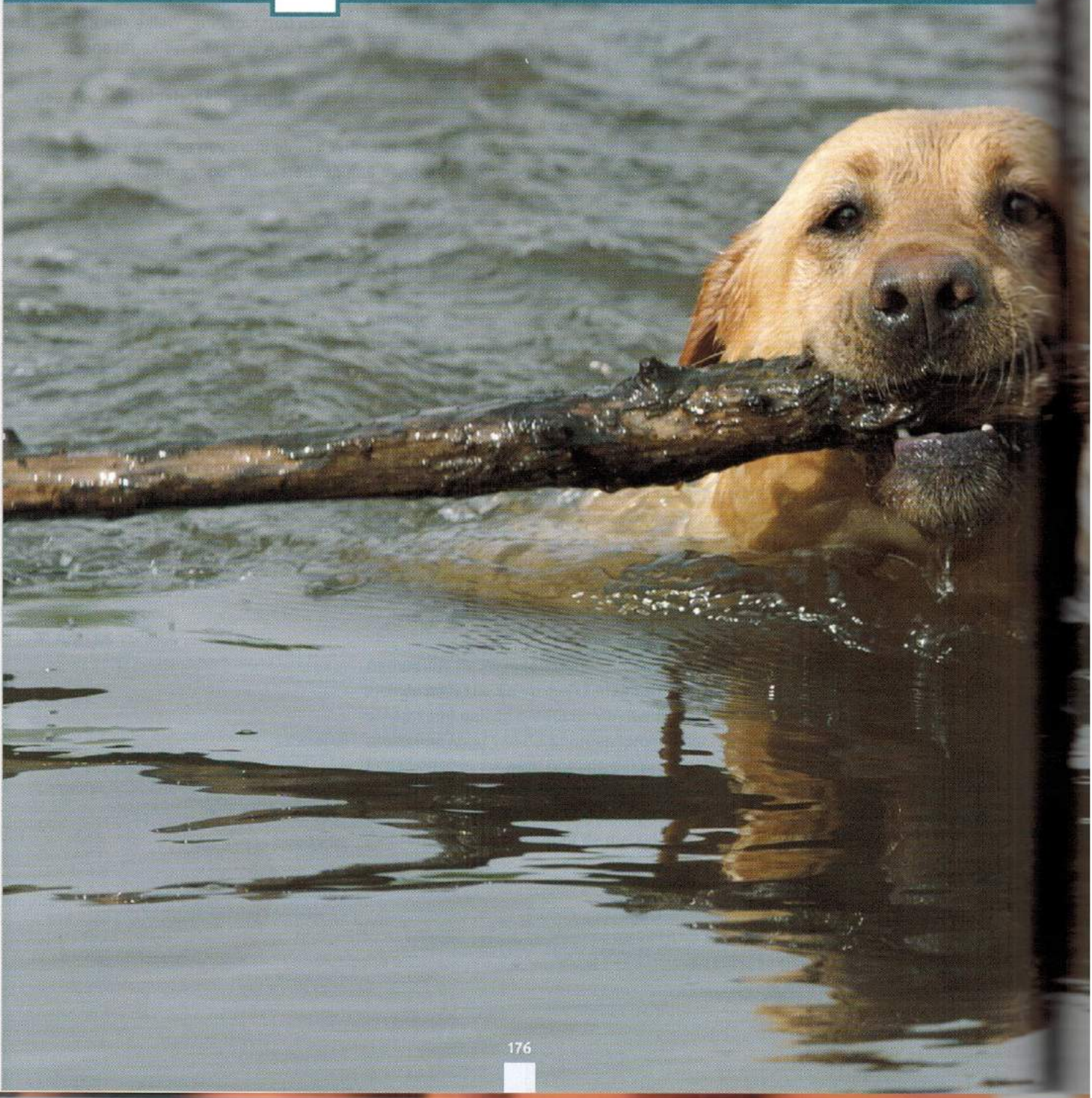
- 5 Welke invloed heeft oestrogeen op prolactine volgens deze tekst?
- 6 Hoe kan 'frequenter voeden' de melkproductie weer op gang brengen?

**WEB** meer verrijkingstoffen vind je op [ePack](#)



# 4

## Erfelijkheid





## BASISSTOF

1	Genen, geluk en psychosen	178
2	Fenotype, genotype en epigenetica	181
3	Genenparen	185
4	Monohybride kruisingen	191
5	Geslachtschromosomen	202
6	Multipale allelen en letale factoren	207
7	Gekoppelde genen	212
8	Moleculaire erfelijkheid	214
9	Mutaties	220

## SAMENVATTING

224

## DIAGNOSTISCHE TOETS

227

## EINDOPDRACHT

234

## VERRIJKINGSSTOF

236

### 1 Erfelijkheid in je familie

236



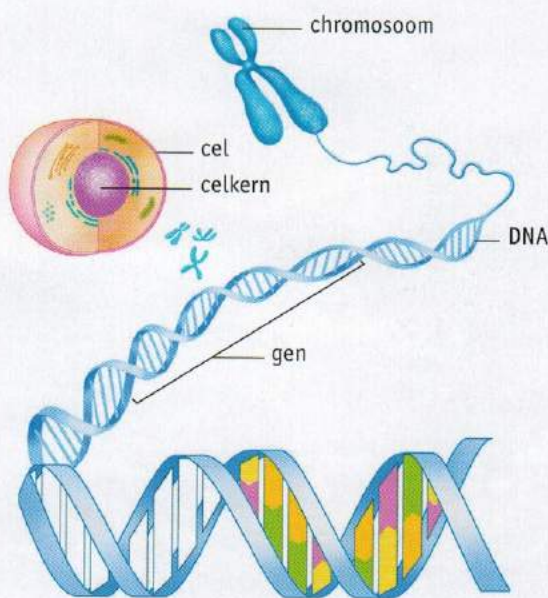


Van een pasgeboren baby wordt vaak gezegd: 'Ik vind dat hij op zijn moeder lijkt,' of: 'Hij heeft de ogen van zijn vader.' Toch zijn niet alle eigenschappen van een kind afkomstig van de ouders. Je leert in dit thema eerst erfelijke eigenschappen te onderscheiden van eigenschappen die niet erfelijk zijn.

Daarna behandelen we de manieren waarop erfelijke eigenschappen kunnen overerven. Daarbij leer je erfelijkheidsvraagstukken op te lossen. Een voorbeeld van zo'n vraagstuk is: 'Als de vader en de moeder beiden zwart haar hebben, kan het kind dan blond haar hebben?' Ten slotte leer je wat DNA daarmee te maken heeft.

# 1 Genen, geluk en psychosen

▼ Afb. 1



In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat chromosomen voor een belangrijk deel uit DNA bestaan. DNA bevat de erfelijke informatie van een organisme. Een gen is een stuk DNA (zie afbeelding 1) dat de informatie bevat voor een erfelijke eigenschap, bijvoorbeeld de informatie voor de kleur van je haar. Van veel genen is nog niet bekend welke functie zij hebben, maar langzamerhand wordt meer bekend over allerlei genen en de invloed van deze genen.

Uit onderzoek van de Britse onderzoeker Jan-Emmanuel De Neve blijkt bijvoorbeeld dat het gen met de naam 5-HTTLPR invloed heeft op de hoeveelheid geluk die je ervaart. Het 5-HTTLPR-gen bevat de informatie voor stoffen die invloed hebben op de stemming en het zelfvertrouwen van mensen. Van dit gen kan een lange en een korte variant voorkomen. Mensen met de lange variant van het 5-HTTLPR-gen ervaren meer geluk.

Een paar duizend Amerikaanse jongeren werden ondervraagd over hun geluks-gevoel en de tevredenheid over hun leven. Mensen dragen in elke lichaamscel twee exemplaren van het 5-HTTLPR-gen. Van de onderzochte jongeren was bekend of ze twee lange varianten hadden, een lange en een korte of twee korte varianten van het 5-HTTLPR-gen. Het onderzoek wees uit dat mensen met twee lange varianten van het 5-HTTLPR-gen twee keer zo vaak aangaven dat ze gelukkig waren met hun leven dan personen met twee korte varianten van het gen. Er zijn waarschijnlijk meer genen die invloed hebben. Maar wanneer bijvoorbeeld een familielid of een vriend(in) overlijdt, je verkering uitgaat of je je baan verliest, dan heeft dat meestal een veel grotere invloed op de hoeveelheid geluk die je ervaart. Ook uit ander onderzoek aan het 5-HTTLPR-gen bleek dat dit gen te maken heeft met geluk (zie de context 'Focus op positieve beelden').

De Limburgse psycholoog Cecile Henquet onderzocht de invloed van een ander gen. Ze ontdekte dat het zogenoemde COMT-gen invloed heeft op de ontwikkeling van psychosen en geheugenstoornissen na het roken van cannabis (zie de context 'Genen en psychosen na cannabisgebruik'). Tijdens een psychose hebben mensen gedachten die niet kloppen met de werkelijkheid. Ze horen bijvoorbeeld stemmen of krijgen waanideeën. Door waanideeën kun je erg achterdochtig worden en bijvoorbeeld denken dat je wordt achtervolgd.

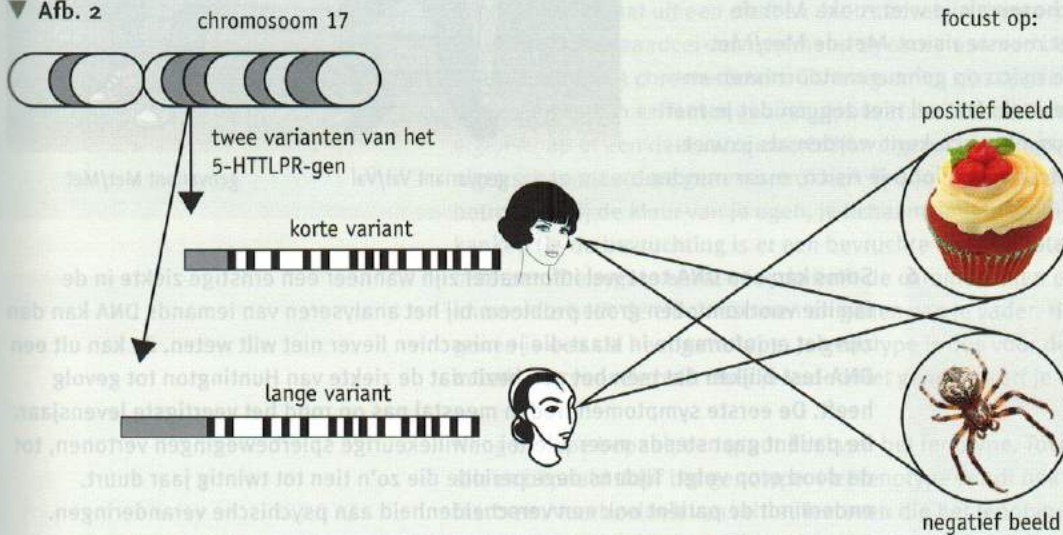


## FOCUS OP POSITIEVE BEELDEN

COLCHESTER – Mensen met twee kopieën van de lange variant van het 5-HTTLPR-gen richten zich vooral op positieve afbeeldingen. Dit bleek uit onderzoek van de Britse onderzoeksgroep onder leiding van Elaine Fox. Tijdens de experimentele fase van dit experiment keken de proefpersonen telkens naar twee afbeeldingen naast elkaar op een computerscherm. Het ene beeld was neutraal en het andere was uitgesproken negatief (bijvoorbeeld een moordend roofdier) of uitgesproken positief (bijvoorbeeld spelende puppy's). In beide beelden zat telkens een stipje verborgen dat de proefpersonen zo snel mogelijk moesten zien te vinden.

De proefpersonen met twee kopieën van de lange variant van het gen 5-HTTLPR deden er langer over om de stipjes te vinden op de negatieve foto's. Op de positieve afbeeldingen waren ze juist sneller dan gemiddeld. De resultaten lieten een duidelijk verschil zien tussen mensen met twee kopieën van de lange variant van dit gen en mensen met twee kopieën van de korte variant. Tussen mensen met een lange en een korte variant van het 5-HTTLPR-gen en mensen met twee korte varianten van het 5-HTTLPR-gen was geen duidelijk verschil te zien.

▼ Afb. 2



### opdracht 1

▼ Afb. 3 Een persoonlijke DNA-test met spuugbuisje om DNA af te staan.



### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waaruit blijkt dat het geluk dat je ervaart, kan worden beïnvloed door erfelijke factoren?
- 2 Waaruit blijkt nog meer dat het 5-HTTLPR-gen je gedrag kan beïnvloeden? Gebruik hierbij de context 'Focus op positieve beelden'.
- 3 Lees de context 'Genen en psychosen na cannabisgebruik' op de volgende bladzijde. Waaruit blijkt dat het COMT-gen je gedrag kan beïnvloeden?
- 4 Sinds kort zijn er internetbedrijven die een DNA-test aanbieden (zie afbeelding 3). Jouw genen worden dan vergeleken met wat er over deze genen tegenwoordig bekend is. Na een paar weken krijg je de uitslag waarin onder andere staat hoeveel risico je hebt op bepaalde ziekten. Deze tests zijn op dit moment vaak nog te onbetrouwbaar of te weinig informatief. De verwachting is dat DNA-tests in de toekomst nuttig kunnen zijn. Leg dit uit met het onderzoek van Cecile Henquet in de context.
- 5 Iemand doet een DNA-test en daaruit blijkt dat deze persoon een Met/Met-variant heeft. Deze persoon beweert dat je met deze uitslag geen psychosen kunt krijgen na cannabisgebruik. Leg uit waarom dit niet klopt.



# GENEN EN PSYCHOSEN NA CANNABISGEBRUIK

MAASTRICHT – Het COMT-gen blijkt een belangrijke rol te spelen bij de afbraak van stoffen in de hersenen. Eerder onderzoek toonde aan dat het COMT-gen een bepalende rol zou kunnen spelen in de kwetsbaarheid voor psychose. Dit COMT-gen kent twee varianten, de Val-variant en de Met-variant. Elke persoon bezit twee kopieën van dit gen. Er zijn dan drie combinaties mogelijk: Val/Val, Val/Met of Met/Met. Er is ook bekend dat cannabisgebruik het risico op psychosen op de lange termijn verhoogt. Psycholoog Cecile Henquet toonde aan dat er een verband is tussen de verschillende varianten van het COMT-gen en de ontwikkeling van geheugenstoornissen en psychosen na cannabisgebruik. Met bepaalde varianten van dit gen loop je vier keer zoveel risico op de ontwikkeling van psychosen als je wiet rookt. Met de Val/Val-variant loop je het meeste risico. Met de Met/Met-variant loop je het minste risico op geheugenstoornissen en psychosen na cannabisgebruik. Dat wil niet zeggen dat je met de Met/Met-variant niet psychotisch kunt worden als je wiet rookt. Ook met de Met/Met-variant loop je risico, maar minder.

▼ Afb. 4



genvariant Val/Val

genvariant Met/Met

- 6 Soms kan een DNA-test wel informatief zijn wanneer een ernstige ziekte in de familie voorkomt. Een groot probleem bij het analyseren van iemands DNA kan dan zijn dat er informatie in staat die je misschien liever niet wilt weten. Zo kan uit een DNA-test blijken dat men het gen bezit dat de ziekte van Huntington tot gevolg heeft. De eerste symptomen treden meestal pas op rond het veertigste levensjaar. De patiënt gaat steeds meer allerlei onwillekeurige spierbewegingen vertonen, tot de dood erop volgt. Tijdens deze periode die zo'n tien tot twintig jaar duurt, ondervindt de patiënt ook een verscheidenheid aan psychische veranderingen. Een vrouw bij wie de ziekte van Huntington in de familie voorkomt, overweegt of zij zich zal laten testen op de ziekte van Huntington. Samen met een erfelijkheidsadviseur zoekt ze naar medische en ethische argumenten vóór en tegen het onderzoek.
- Geef een argument op grond waarvan ze kan besluiten om deze test wél te doen. En geef een argument op grond waarvan ze kan besluiten om deze test niet te doen.
- 7 Stel dat verzekeringen in de toekomst eerst de uitslag van een persoonlijke DNA-test vragen voordat ze de premie van de verzekering bepalen. Zou je hier voor of tegen zijn? Beargumenteer je mening.
- 8 Een leerling werkt het thema Erfelijkheid door en vat dit thema zo samen: 'Bij Erfelijkheid ging het vooral over erfelijke eigenschappen van planten, dieren en mensen en op welke wijze deze erfelijke eigenschappen aan de nakomelingen worden doorgegeven.'
- Met welk van de vijf hoofdthema's van de biologie genoemd in thema 1 Inleiding in de biologie heeft Erfelijkheid dan vooral te maken? En op welk niveau van de biologie speelt Erfelijkheid zich dan af, volgens de samenvatting van deze leerling?



## 2 Fenotype, genotype en epigenetica

Eigenlijk lijkt elk individu sprekend op zijn ouders. Ieder mens heeft twee armen, twee benen, een romp, een hoofd met twee ogen, twee oren, een neus en een mond. Toch zijn er ook verschillen tussen een kind en de ouders. Een kind kan bijvoorbeeld blauwe ogen hebben en de ouders bruine. Misschien heeft het kind wel een moedervlek op zijn neus en zijn ouders niet. Ieder individu heeft zijn eigen unieke kenmerken. Alle uiterlijk waarneembare kenmerken van een individu horen bij het **fenotype** van een individu.

Een mens ontstaat uit een eikel en een zaadcel. In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat een zaadcel van een mens 23 chromosomen bevat. Ook in de eikel bevinden zich 23 chromosomen. Chromosomen zijn opgebouwd uit genen. Een **gen**, ook wel een **erffactor** genoemd, bevat de informatie voor een erfelijke eigenschap of een deel van een erfelijke eigenschap. Vaak zijn bij een bepaalde eigenschap meerdere genen betrokken. Er zijn bijvoorbeeld meerdere genen betrokken bij de kleur van je ogen, je lichaamslengte en bij het ontstaan van kanker. Na de bevruchting is er een bevruchte eikel (zygote) met 46 chromosomen ontstaan. De zygote bevat voor de helft de chromosomen en genen van je moeder en voor de helft de chromosomen en genen van je vader. Het totale pakket aan genen in een cel heet **genotype**. Je genotype is dus voor de helft geleverd door je moeder en voor de helft door je vader. Het genotype erf je dus van je beide ouders.

Het genotype bepaalt een groot deel van het fenotype. Toch wordt het fenotype niet alleen bepaald door het genotype. Het fenotype wordt ook bepaald door milieufactoren. Voorbeelden van **milieufactoren** die het fenotype beïnvloeden, zijn licht, lucht, vochtigheid, temperatuur, voeding, opvoeding, ziekten en verwondingen. Het fenotype van een eikel bijvoorbeeld verandert als er door een storm takken van de eikel afbreken. Er verandert daardoor niets aan het genotype van de eikel. De eikel geeft zo'n verandering dan ook niet door aan de nakomelingen.

De mate waarin genotype en milieufactoren bijdragen aan het fenotype, is per eigenschap verschillend. Sommige eigenschappen worden (vrijwel) uitsluitend door het genotype bepaald, zoals de oogkleur of de bloedgroep van een mens. Andere eigenschappen worden (vrijwel) uitsluitend door milieufactoren bepaald, zoals een litteken of de lengte van de nagels. Bij veel eigenschappen stelt het genotype de uiterste grenzen vast en bepaalt het milieu hoe dicht de grenzen worden benaderd. Bij een tarweplant bijvoorbeeld kan in het genotype vastliggen dat de plant maximaal één meter hoog kan worden. Als alle milieufactoren optimaal zijn, zal deze hoogte worden bereikt. Maar als de tarweplant tijdens de groei te maken krijgt met bijvoorbeeld gebrek aan water of voedingszouten, weinig licht, een lage temperatuur of parasieten, zal deze hoogte niet worden bereikt.

De begrippen 'fenotype' en 'genotype' kunnen te maken hebben met alle eigenschappen van een individu. In de klassieke erfelijkheidsleer gebruik je ze voor de eigenschappen waarvan je de overerving bestudeert.



## opdracht 2

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is het genotype van een individu?
- 2 Iemand kan er gelukkig of somber uitzien. Gaat het dan om het fenotype of het genotype van deze persoon? Leg je antwoord uit.
- 3 Noem een milieufactoor die in basisstof 1 wordt genoemd die je geluk sterk kan beïnvloeden.
- 4 Leg met het onderzoek van Jan-Emmanuel De Neve uit basisstof 1 uit dat de hoeveelheid geluk die je ervaart niet alleen afhankelijk is van milieufactoren, maar ook van het genotype.
- 5 Welk fenotype wordt onderzocht in het onderzoek van afbeelding 3?
- 6 Leg met het onderzoek van Cecile Henquet uit basisstof 1 uit dat het fenotype wordt bepaald door het genotype en door milieufactoren.
- 7 Gebruik bij deze opdracht je *Binas* of *Biodata*. Op welk chromosoom ligt het gen dat albinisme bepaalt? En op welk chromosoom het gen dat borstkanker type 1 veroorzaakt?

## opdracht 3

- ▼ **Afb. 5** Voorbeeld uit het metamorfoseprogramma op tv *Extreme make-over*, waarin gewone Amerikanen chirurgisch en cosmetisch ingrijpend onder handen worden genomen.



- ▼ **Afb. 6** Tweelingen



1 eeneiige tweeling



2 twee-eiige tweeling

## Neem het volgende schema over en noteer in de juiste kolom:

*behaarde geraniumbladeren – bladeren die naar het licht zijn gericht – blauwe ogen – een huid met weinig rimpels door botox-injecties – een huid met weinig rimpels door een jeugdige leeftijd – een litteken – Extreme make-over (zie afbeelding 5) – rode bloemen – slap hangende geraniumbladeren.*

Bepaald door het genotype	Bepaald door milieufactoren

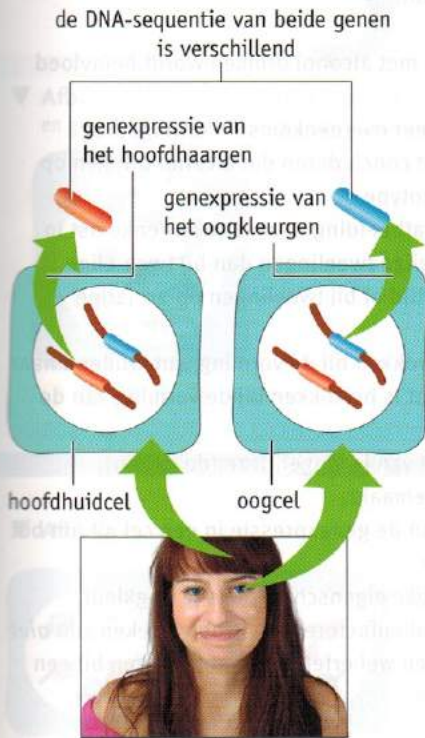
## TWEELINGONDERZOEK

Een eeneiige tweeling is ontstaan uit één bevruchte eicel of zygote. Na deling van de zygote ontstaan er cellen met hetzelfde genotype. Bij een eeneiige tweeling splitsen deze cellen zich. De cellen die zich ontwikkelen tot twee individuen hebben precies hetzelfde genotype. Uiteindelijk hebben dus alle cellen van de twee individuen van een eeneiige tweeling een gelijk genotype. Dat maakt eeneiige tweelingen interessant voor onderzoek. Als je de twee individuen van een tweeling met elkaar vergelijkt, kun je bekijken hoe groot de invloed van het milieu en van het genotype op het fenotype is.

In Nederland worden van duizenden tweelingen regelmatig gegevens bijgehouden. Daarbij wordt uiteraard onderscheid gemaakt tussen eeneiige en twee-eiige tweelingen. Een twee-eiige tweeling is namelijk ontstaan uit twee zaadcellen en twee eicellen. De genen in twee zaadcellen zijn niet precies hetzelfde. Dit geldt ook voor de twee eicellen. De beide leden van een twee-eiige tweeling hebben dan ook niet hetzelfde genotype. Ze lijken net zoveel op elkaar als andere broers en zusters op elkaar kunnen lijken.



- ▼ **Afb. 7** In elke lichaamscel zijn alle genen aanwezig, maar in een oogcel staan andere genen aan dan in een cel van je huid.



### EPIGENETICA

Een DNA-molecuul is opgebouwd uit vier verschillende bouwstenen. De volgorde van deze vier bouwstenen in het DNA (**DNA-sequentie**) is de code voor erfelijke informatie. De DNA-sequentie in een gen dat betrokken is bij de vorming van je nagels is anders dan in een gen dat betrokken is bij de vorming van haar op je hand. De codes van beide genen verschillen duidelijk van elkaar. In basisstof 8 leer je meer over de volgorde van de bouwstenen van het DNA.

In de onderbouw heb je geleerd dat genen aan- en uitgezet kunnen worden.

Dat wil zeggen dat veel genen alleen onder bepaalde omstandigheden worden aangezet (tot uiting komen). Het tot uiting komen van een gen wordt **genexpressie** genoemd. In bepaalde cellen in je huid worden genen aangezet die betrokken zijn bij de vorming van hoofdhaar, maar in de cellen van je oog staan deze genen uit. In de cellen van je oog staan de genen aan die betrokken zijn bij de vorming van een blauwe oogkleur, maar de genen die betrokken zijn bij de vorming van hoofdhaar staan uit (zie afbeelding 7).

Of bepaalde genen aan of uit staan wordt geregeld door regelgenen. Milieufactoren kunnen de genexpressie ook beïnvloeden. **Epigenetica** is de studie van wijzigingen in de genexpressie zonder dat er wijzigingen in de DNA-sequentie plaatsvinden. Deze wijzigingen in de genexpressie zijn omkeerbaar, maar soms zijn deze wijzigingen stabiel en erfelijk (zie afbeelding 8). Uit onderzoek bij muizen blijkt dat kenmerken van een westers voedingspatroon (onder andere overconsumptie van suiker en vet) epigenetische mechanismen in werking zetten. Het westerse voedingspatroon blijkt tumoronderdrukkende genen te remmen, met een verhoogd risico op kanker als gevolg.

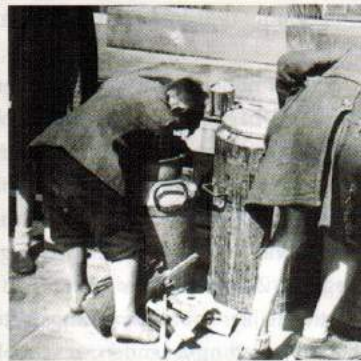
- ▼ **Afb. 8**

### Hongerwinter remt groeigenen bij het nageslacht

Onderzoekers ontdekten dat de expressie van het *igf2*-gen werd geremd bij mensen die de hongerwinter van 1944 doormaakten. Dit *igf2*-gen bevat de informatie voor een groeihormoon. Deze remming van het groeihormoon komt tot stand zonder dat de DNA-sequentie wordt gewijzigd.

Al eerder werd ontdekt dat hongerwinterkinderen een lager geboortegewicht hadden en dat zij kinderen kregen met ook weer een lager geboortegewicht.

milieufactoor: hongerwinter



genexpressie verandert: groeigenen worden geremd, de DNA-sequentie verandert niet



erfelijk: ook bij de nakomelingen zijn de groeigenen geremd



## opdracht 4

## ▼ Afb. 9

**Siamese tweeling**

Een Siamese tweeling ontstaat uit één bevruchte eicel. Deze bevruchte eicel groeit uit tot een klompje cellen of embryo. Het klompje cellen kan zich dan in tweeën splitsen, zoals ook bij een-eiige tweelingen gebeurt. Wanneer deze splitsing in een laat stadium plaatsvindt, is de splitsing vaak niet volledig. Bepaalde delen blijven dan met elkaar verbonden. Welke delen dat zijn, kan erg verschillen. Uit dit gedeeltelijk gesplitste embryo wordt dan een Siamese tweeling geboren die bijvoorbeeld met de hoofden of de buiken met elkaar zijn verbonden.



## ▼ Afb. 10

**Tweelingonderzoek: alcohol en sport**

De Nijmeegse onderzoeker Evelien Poelen ontdekte dat vroeg beginnen met alcohol drinken (12 tot 15 jaar) vooral wordt beïnvloed door erfelijke factoren. Ze onderzocht daartoe met behulp van het Nederlands Tweelingen Register twee soorten tweelingen: een-eiige en twee-eiige tweelingen. Het bleek dat wanneer een-eiige tweelingen vroeg begonnen met alcohol drinken, ze veel vaker dan twee-eiige tweelingen allebei vroeg begonnen met alcohol drinken.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Lees het artikel van afbeelding 9. Hebben alle cellen van een Siamese tweeling hetzelfde genotype of hebben ze verschillende genotypen? Leg je antwoord uit. De vragen 2 en 3 gaan over afbeelding 10.
- 2 In afbeelding 10 lees je dat vroeg beginnen met alcohol drinken wordt beïnvloed door het genotype. Leg uit dat wanneer een-eiige tweelingen meer overeenkomst in drinkgedrag vertonen dan twee-eiige tweelingen, je kunt concluderen dat alcohol drinken op jonge leeftijd wordt beïnvloed door het genotype.
- 3 Op welke leeftijd zal de onderzoekster van afbeelding 10 meer overeenkomst in sportgedrag hebben waargenomen bij een-eiige tweelingen dan bij twee-eiige tweelingen: bij tweelingen op 15-jarige leeftijd of bij tweelingen op 20-jarige leeftijd? Leg je antwoord uit.
- 4 Is de DNA-sequentie van een gen dat is betrokken bij de vorming van krullend haar gelijk aan de DNA-sequentie van een gen dat is betrokken bij de vorming van de bruine kleur van haar?
- 5 Bevatten een maagcel en een cel uit het bot van je vinger dezelfde genen?
- 6 In je maag wordt onder andere maagzuur gemaakt. Is de genexpressie in een maagcel gelijk aan de genexpressie in een cel uit het bot van je vinger? Leg je antwoord uit.
- 7 Een gen bevat de informatie voor een *erfelijke* eigenschap zoals je oogkleur. Eigenschappen die worden bepaald door milieufactoren zoals een litteken zijn *niet erfelijk*. Toch kunnen invloeden uit het milieu wel erfelijke veranderingen bij een organisme veroorzaken. Leg dat uit met behulp van afbeelding 8.

Uit ander onderzoek blijkt dat jongeren die vroeg beginnen met alcohol drinken later vaker probleemdrinkers worden. De Amsterdamse onderzoekster Janine Stubbe deed eveneens onderzoek met behulp van het Nederlands Tweelingen Register. Ze concludeerde dat tot je zestiende jaar vooral omgevingsfactoren zoals opvoeding, vrienden en school je sportgedrag bepalen. Na je zestiende neemt de invloed van genen toe. Vanaf je twintigste beslis je vooral zelf of je sport of niet. Het verschil in sportgedrag op deze leeftijd wordt dan voor meer dan 80 procent bepaald door genen.



eeneiige tweeling



twee-eiige tweeling



# 3 Genenparen

▼ **Afb. 11** Lichaamscel met chromosomen en genen (schematisch).



● ● ● ● ● = genen

In lichaamscellen komen chromosomen **in paren** voor. De twee chromosomen van een paar bevatten genen voor dezelfde erfelijke eigenschappen. In lichaamscellen komen de genen dus ook in paren voor. In lichaamscellen ligt de informatie voor een erfelijke eigenschap in een **genenpaar** (zie afbeelding 11). In geslachtscellen komen de chromosomen en genen enkelvoudig voor. Bij bevruchting vormen de genen in een zaadcel en de genen in een eicel weer genenparen. Op dat moment ligt het genotype van de nakomeling vast.

Eén van de genen van een genenpaar noemen we in plaats van een gen ook wel een **allel**. In plaats van een genenpaar zeggen we ook wel **allelenpaar**. Voor een erfelijke eigenschap kunnen verschillende allelen bestaan.

## opdracht 5

▼ **Afb. 12**



1



2



3



4

Legenda:

● allel voor haarkleur

■ allel voor oogkleur

▼ **Afb. 13**



**Beantwoord de volgende vragen.**

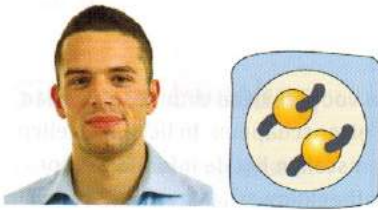
- Hoeveel genen voor één erfelijke eigenschap zijn er aanwezig in een lichaamscel? En hoeveel in een geslachtscel?
- Bevat een zenuwcel andere genen dan een huidcel van dezelfde persoon?
- Op welk moment komt het genotype van een individu vast te liggen?
- Heeft een zygote een ander genotype dan een zenuwcel van het individu dat zich uit deze zygote zal ontwikkelen?
- Het is voorgekomen dat baby's met skeletafwijkingen werden geboren, doordat de moeders tijdens de zwangerschap een bepaald slaapmiddel gebruikten. Is deze skeletafwijking erfelijk? Leg je antwoord uit.
- In afbeelding 12 zijn vier cellen schematisch getekend met daarin chromosomen en genen. In welke cel zijn de chromosomen en genen juist getekend?
- Is deze cel een lichaamscel of een geslachtscel?
- Het individu waartoe deze cel behoort, produceert geslachtscellen. In afbeelding 13 is zo'n geslachtscel schematisch getekend. Neem afbeelding 13 over en teken er de chromosomen en genen in.
- Welke andere term wordt er voor genenpaar ook gebruikt?

## HOMOZYGOOT EN HETEROZYGOOT

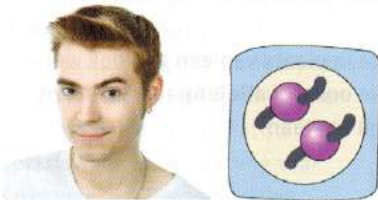
In lichaamscellen komen genen in paren voor. Voor een erfelijk bepaalde eigenschap kunnen verschillende allelen bestaan. Voor de haarlijn bijvoorbeeld bestaat er een allel met de informatie voor een rechte haarlijn en een allel voor een v-vormige haarlijn. Bij personen met een rechte haarlijn bestaat het allelenpaar voor de haarlijn uit twee allelen voor een rechte haarlijn (zie afbeelding 14.1). Bij deze personen zijn de twee allelen voor de haarlijn aan elkaar gelijk. We noemen deze personen **homozygoot** voor de eigenschap rechte haarlijn. Er zijn ook personen bij wie het allelenpaar voor de haarlijn bestaat uit twee allelen voor een v-vormige haarlijn (zie afbeelding 14.2). Deze personen zijn homozygoot voor de eigenschap v-vormige haarlijn.



▼ **Afb. 14** Een rechte en een v-vormige haarlijn bij mensen.



1 homozygoot voor een rechte haarlijn



2 homozygoot voor een v-vormige haarlijn



3 heterozygoot voor de haarlijn

Legenda:

● gen voor rechte haarlijn

● gen voor v-vormige haarlijn

Er zijn ook personen bij wie het allelenpaar voor de haarlijn bestaat uit een gen voor een v-vormige haarlijn en een gen voor een rechte haarlijn. De twee genen voor de haarlijn zijn dan ongelijk. Deze personen zijn **heterozygoot** voor de haarlijn. Ze blijken een v-vormige haarlijn te bezitten (zie afbeelding 14.3). Slechts één van beide genen komt tot uiting in het fenotype. We noemen dit gen het **dominante** gen. Het andere gen noemen we het **recessieve** gen. Dit gen komt niet tot uiting in het fenotype als het andere gen van het allelenpaar dominant is. Het dominante gen is als het ware 'sterker' dan het recessieve gen.

De personen in de afbeeldingen 14.2 en 14.3 hebben dezelfde haarlijn. Ze hebben dus voor de haarlijn hetzelfde fenotype. Aan het fenotype is niet te zien of deze personen homozygoot of heterozygoot zijn voor de haarlijn. Voor de meeste eigenschappen die erfelijk bepaald zijn, geldt dat er dominante en recessieve genen bij betrokken zijn.

### ONVOLLEDIG DOMINANT

Bij sommige erfelijk bepaalde eigenschappen is het onderscheid tussen dominant en recessief minder duidelijk. Bij leeuwenbekjes (zie afbeelding 15) bijvoorbeeld komen genen voor rode bloemkleur voor en genen voor witte bloemkleur. Geen van beide genen is recessief. De leeuwenbekjes die heterozygoot zijn voor de bloemkleur hebben roze bloemen. Beide allelen voor de bloemkleur komen enigszins tot uiting in het fenotype. Een dergelijk fenotype noemen we **intermediair**. De allelen voor de witte en rode bloemkleur zijn **onvolledig dominant** bij een leeuwenbekje.

Welke genen dominant en welke recessief zijn, verschilt per soort. Bij erwtenplanten bijvoorbeeld komen ook genen voor rode en voor witte bloemkleur voor, net als bij leeuwenbekjes. Maar een erwtenplant die heterozygoot is voor de bloemkleur, heeft rode bloemen. Bij erwtenplanten is het gen voor rode bloemen dominant over dat voor witte bloemen. Dit geldt voor alle planten van deze soort.

► **Afb. 15** De bloemkleur bij leeuwenbekjes.



1 homozygoot voor rode bloemkleur



2 heterozygoot voor de bloemkleur



3 homozygoot voor witte bloemkleur

### opdracht 6

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 In afbeelding 3 lees je dat het COMT-gen in verschillende varianten voorkomt. Wat zijn de homozygote varianten?
- 2 Wat is de heterozygote variant van het COMT-gen?
- 3 Wat is een dominant gen?
- 4 Wat is een recessief gen?
- 5 Blijkt uit het onderzoek van afbeelding 2 dat de lange variant van het gen 5-HTTLPR dominant is voor de eigenschap 'je richten op positieve beelden'?

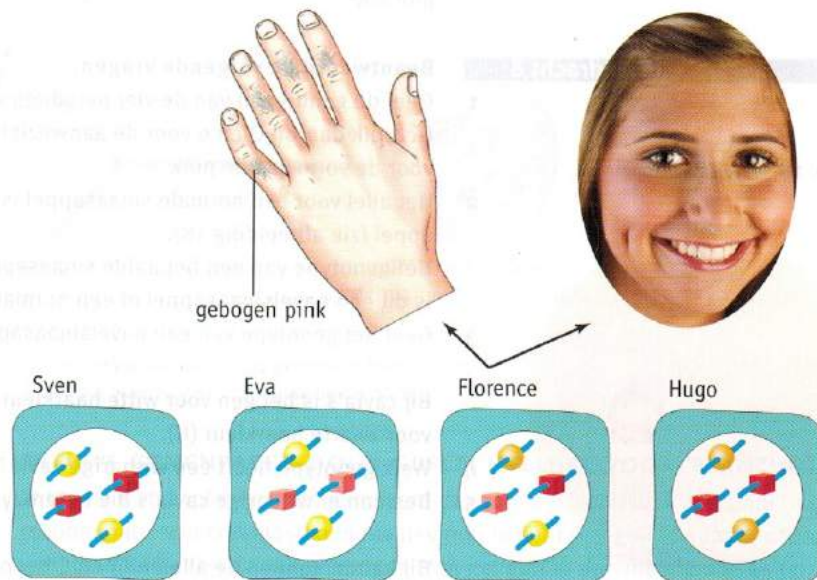


- 6 Wat is een intermediair fenotype?
- 7 Men heeft bij konijnen geconstateerd dat het gen voor zwarte haarkleur dominant is over het gen voor witte haarkleur. Kun je hieruit afleiden dat dit ook geldt voor cavia's?

## opdracht 7

In afbeelding 16 zie je van vier verschillende personen de lichaamscellen schematisch getekend. Twee erfelijke eigenschappen bij mensen zijn kuiltjes in de wangen bij het lachen en een gebogen pink. Bij sommige mensen komt een gebogen pink voor. Het bovenste kootje van de pink wijst dan naar binnen (zie afbeelding 16). Alleen van deze twee eigenschappen zijn vier allelen die in de chromosomen liggen van elke cel aangegeven. Van Florence is ook een deel van haar fenotype weergegeven.

► Afb. 16



Legenda:

- allel voor kuiltjes in de wangen      ● allel voor gebogen pink  
 ■ allel voor geen kuiltjes in de wangen      ● allel voor rechte pink

▼ Afb. 17 Ouders zonder kuiltjes in de wangen bij het lachen.



- 1 Wie is/zijn homozygoot voor de eigenschap kuiltjes in de wangen?
- 2 Wie is/zijn homozygoot voor de vorm van de pink?
- 3 Wie is/zijn heterozygoot voor de vorm van de pink?
- 4 Leid naar aanleiding van het fenotype van Florence af of het allel voor een gebogen pink dominant of recessief is over dat voor een rechte pink.
- 5 Noteer voor de overige drie personen of deze een rechte of een gebogen pink hebben.
- 6 Naar aanleiding van het fenotype van Florence kun je ook afleiden of het allel voor kuiltjes in de wangen dominant of recessief is. Noteer voor elke persoon of deze kuiltjes in de wangen heeft of niet.
- 7 De vader van Eva heeft een rechte pink. Is de vader van Eva homozygoot of heterozygoot voor de vorm van de pink?
- 8 De moeder van Eva heeft een gebogen pink. Kun je hieruit afleiden of zij homozygoot of heterozygoot is voor de vorm van de pink?
- 9 In afbeelding 17 zie je de ouders van één van de vier personen van afbeelding 16. Van wie zijn dit de ouders?



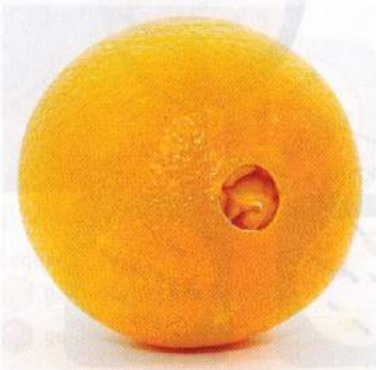
**GENEN WEERGEVEN**

Tot nu toe hebben we steeds een schematische cel getekend en daarin de genen in de chromosomen met tekenjes aangegeven. In de **genetica** of **erfelijkheidsleer** worden genen met letters aangegeven. Een dominant allel wordt aangegeven met een hoofdletter, een recessief allel met een kleine letter. Bijvoorbeeld: een individu dat heterozygoot is voor een bepaalde eigenschap wordt aangegeven met Aa. Je kunt ook andere letters gebruiken. Het beste is steeds letters te gebruiken waarvan de hoofdletter en de kleine letter duidelijk van vorm verschillen (dus niet P en p, maar wel R en r).

Als twee allelen van een allelenpaar beide tot uiting komen in het fenotype, gebruiken we een andere schrijfwijze. Een rood leeuwenbekje bijvoorbeeld wordt aangegeven met A'A', een wit leeuwenbekje met A<sup>w</sup>A<sup>w</sup> en een roze leeuwenbekje met A'A<sup>w</sup>.

**opdracht 8**

▼ **Afb. 18** Navelsinaasappel.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Geef de genotypen van de vier personen van afbeelding 16 met letters aan. Gebruik daarbij Q en q voor de aanwezigheid van kuiltjes in de wangen en R en r voor de vorm van de pink.
- 2 Het allel voor een normale sinaasappel is dominant over dat voor een navelsinaasappel (zie afbeelding 18). Het genotype van een bepaalde sinaasappel kan worden weergegeven door Bb. Is dit een navelsinaasappel of een normale sinaasappel?
- 3 Geef het genotype van een navelsinaasappel weer.

Bij cavia's is het gen voor witte haarkleur (h) recessief ten opzichte van het gen voor zwarte haarkleur (H).

- 4 Welk genotype heeft een witharige cavia?
- 5 Bestaan er witharige cavia's die heterozygoot zijn voor de haarkleur?

Bij katten kunnen de allelen C<sup>b</sup> en C<sup>ch</sup> voorkomen. De allelen C<sup>b</sup> en C<sup>ch</sup> zijn 'even sterk'. In afbeelding 19 zijn een Birmese, een Tonkinese en een Siamese kat weergegeven. Een Birmese kat heeft in ieder geval één C<sup>b</sup>-allel.

- 6 Welke kat heeft een intermediair fenotype?
- 7 Noteer de genotypen van deze drie katten.

► **Afb. 19** Intermediaire overerving bij katten.



1 Birmese kat

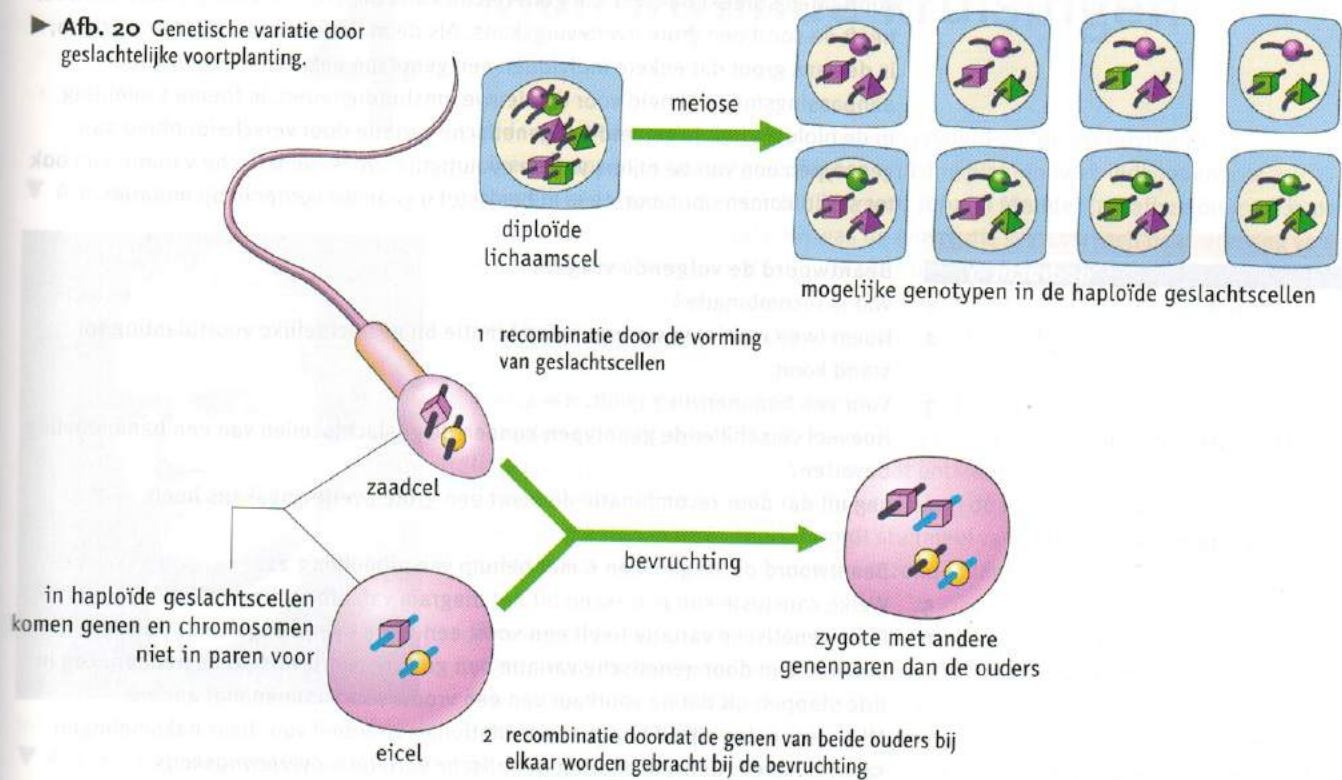
2 Tonkinese kat

3 Siamese kat



## EVOLUTIE

► **Afb. 20** Genetische variatie door geslachtelijke voortplanting.



▼ **Afb. 21** Recombinatie door geslachtelijke voortplanting.



1 geslachtelijke voortplanting in het dierenrijk



2 door recombinitie ontstaat genetische variatie bij de nakomelingen van een maïsplant

### NIEUWE GENENPAREN DOOR GESLACHTELIJKE VOORTPLANTING

In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat door geslachtelijke voortplanting recombinitie van chromosomen plaatsvindt. Je hebt ook geleerd dat er daardoor variatie ontstaat bij de nakomelingen. Wat gebeurt er dan met de allelen op de chromosomen bij recombinitie? Door recombinitie van chromosomen ontstaat automatisch ook **recombinitie** van allelen op de chromosomen.

Elk chromosomenpaar bevat veel allelenparen. Bij ieder mens liggen in elk chromosomenpaar altijd wel genenparen die bestaan uit twee ongelijke allelen. De chromosomen van een chromosomenpaar verschillen dan ook van elkaar wat hun allelen betreft. In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat bij meiose I de chromosomen van een chromosomenpaar uit elkaar gaan. Doordat de allelen in de chromosomen van een chromosomenpaar vaak verschillen, kun je er zeker van zijn dat de dochtercellen een verschillend genotype hebben. Bij individuen van soorten waarvoor geldt  $n = 3$  kunnen na meiose geslachtscellen ontstaan met acht verschillende combinaties van chromosomen (zie afbeelding 20.1). Bij de mens ( $n = 23$ ) kunnen geslachtscellen ontstaan met  $2^{23}$  (8,4 miljoen) verschillende combinaties van chromosomen. Welke chromosomen de geslachtscellen bevatten die na bevruchting een nieuw individu opleveren, is afhankelijk van het toeval.

Bij de bevruchting ontstaat weer een diploïde cel (zygote) en worden de chromosomen en allelen van beide ouders bij elkaar gebracht (zie afbeelding 20.2). Bij de bevruchting ontstaan nieuwe allelenparen. Het nieuwe individu zal altijd een andere combinatie van erfelijke eigenschappen bezitten dan de ouders. Meerdere nakomelingen van een ouderpaar verschillen dan vrijwel altijd in hun genotype. Eeneiige tweelingen zijn een uitzondering op deze regel.



**EVOLUTIE**  
 opdracht 9

Door recombinatie ontstaat een grote verscheidenheid in genotypen binnen een soort. Men spreekt ook wel van **genetische variatie** (zie afbeelding 21.2). Hierdoor heeft de soort een grote overlevingskans. Als de milieuomstandigheden wijzigen, is de kans groot dat enkele individuen een genotype bezitten met een goede aanpassingsmogelijkheid voor de nieuwe omstandigheden. In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat genetische variatie door verscheidenheid aan genotypen een van de pijlers van de evolutietheorie is. Genetische variatie kan ook tot stand komen door mutaties. In basisstof 9 gaan we verder in op mutaties.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat is recombinatie?
- 2 Noem twee manieren waarop recombinatie bij geslachtelijke voortplanting tot stand komt.
- 3 Voor een bananenvlieg geldt:  $n = 4$ .  
Hoeveel verschillende genotypen kunnen de geslachtscellen van een bananenvlieg bevatten?
- 4 Leg uit dat door recombinatie de soort een grote overlevingskans heeft.

Beantwoord de vragen 5 en 6 met behulp van afbeelding 22.

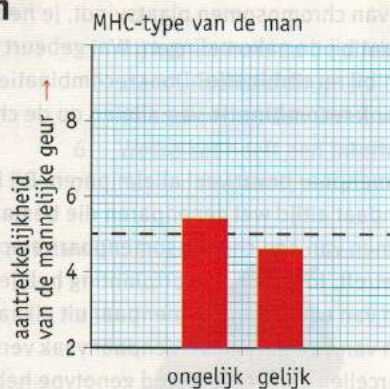
- 5 Welke conclusie kun je trekken uit het diagram van afbeelding 22?
- 6 Door genetische variatie heeft een soort een grote overlevingskans. Ook een individu kan door genetische variatie een grotere overlevingskans hebben. Leg in drie stappen uit dat de voorkeur van een vrouw voor mannen met andere MHC-genen dan zijzelf heeft, een evolutionair voordeel voor haar nakomelingen kan opleveren. Gebruik daarbij: *genetische variatie – overlevingskans – recombinatie*.

## ▼ Afb. 22

**Vrouw ruikt genen man?**

Het MHC-systeem is een groep genen die een grote rol spelen bij de weerstand tegen ziekten. Deze genen blijken in staat de lichaamsgeur te beïnvloeden. Onderzoekers vroegen zich daardoor af of vrouwen in staat zijn deze genen te ruiken en misschien

een voorkeur hebben voor een man met andere MHC-genen dan zijzelf hebben. De onderzoekers deden een experiment om te toetsen of een vrouw de lichaamsgeur van een man aantrekkelijker en meer sexy vindt wanneer zijn MHC-genen meer verschillen van haar eigen MHC-genen. Van 103 studenten werden de genenparen van de MHC-regio in kaart gebracht. Aan



49 vrouwelijke studenten werd gevraagd de T-shirts van 44 mannelijke studenten te beoordelen.

De mannen mochten geen middelen als deodorant gebruiken die de lichaamsgeuren verstoren. Ze kregen een T-shirt, parfumvrije zeep, parfumvrij wasmiddel en parfumvrije aftershave. Verder kregen ze de instructies: slaap alleen in een bed, geen seks, geen alcohol en geen sigaretten.

Aan de vrouwen werden zes T-shirts voorgelegd. Drie T-shirts waren afkomstig van mannen waarvan de MHC-genen veel verschilden van de eigen MHC-genen. Drie T-shirts waren afkomstig van mannen waarvan de MHC-genen weinig verschilden van de eigen genen. De vrouwen werd gevraagd hoe aantrekkelijk en sexy de geur was, beide op een schaal van 1 tot 10.

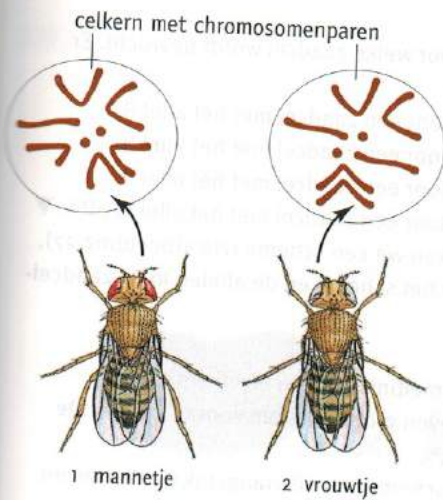


# 4 Monohybride kruisingen

▼ Afb. 23 Johann Mendel (1822–1884).



▼ Afb. 24 Bananenvliegjes zijn veel gebruikt als modelorganismen in de genetica.



► Afb. 25 Bruinharige reu (♂) × zwartharige labradorteef (♀)



In de genetica worden vaak kruisingen uitgevoerd om de overerving van eigenschappen te bestuderen. Bij een kruising planten twee individuen met ongelijk genotype zich geslachtelijk voort. **Johann Mendel** (zie afbeelding 23) is de grondlegger van de genetica. Hij was de eerste die systematisch de overerving van eigenschappen bestudeerde. Hij voerde **kruisingen** uit met erwtenplanten die als model functioneren voor veel kruisingen die andere onderzoekers uitvoeren. Veel kruisingen beginnen met ouders waarvan de een homozygoot dominant is voor een bepaalde eigenschap en de ander homozygoot recessief. We geven deze ouders aan met de letter P (van Parentes = ouders). De nakomelingen worden aangegeven met  $F_1$  (van Filii = kinderen). Bij veel kruisingen laat men deze nakomelingen zich onderling voortplanten. Hieruit ontstaat een tweede generatie nakomelingen, die we aangeven met  $F_2$ . Bij planten kan de  $F_2$  ook ontstaan na zelfbestuiving van planten in de  $F_1$ . Hierbij wordt stuifmeel van meeldraden overgebracht op de stempels van bloemen die zich op dezelfde plant bevinden.

Veel van de huidige kennis in de genetica is opgedaan door kruisingen uit te voeren met bananenvliegjes, *Drosophila melanogaster* (zie afbeelding 24). Deze modelorganismen zijn bijzonder geschikt voor kruisingsproeven. Ze planten zich snel voort en krijgen zeer veel nakomelingen. Ze zijn gemakkelijk te kweken en de mannetjes en vrouwtjes zijn gemakkelijk van elkaar te onderscheiden. Bananenvliegjes vertonen een grote verscheidenheid in fenotype voor veel erfelijke eigenschappen, bijvoorbeeld voor oogkleur, vleugelvorm, lichaamskleur en beharing. Een bananenvliegje heeft slechts vier chromosomenparen (zie afbeelding 24). Met een microscoop zijn de chromosomen duidelijk te zien. Bij een **monohybride kruising** wordt slechts gelet op de overerving van één eigenschap. Hierbij is één genenpaar betrokken. Bij een **dihybride kruising** wordt gelet op de overerving van twee erfelijke eigenschappen. Hierbij zijn twee genenparen betrokken.

## KRUISINGSVRAAGSTUKKEN

We werken het volgende **kruisingsvraagstuk** als voorbeeld uit. Bij labrador-retrievers (zie afbeelding 25) is het allel voor zwarte haarkleur (B) dominant over het allel voor chocoladebruine haarkleur (b). Deze kleuren komen bij veel meer hondenrassen voor (zie afbeelding 26). Een mannetjeshond wordt een reu genoemd en een vrouwtjeshond een teef. Een zwartharige labradorteef die homozygoot is voor de haarkleur, wordt een aantal malen gekruist met een homozygoot bruinharige reu (P). De dieren in de  $F_1$  planten zich onderling voort. Welke haarkleur kunnen de puppy's in de  $F_2$  hebben? Hoe groot is de kans voor elke haarkleur?



## ▼ Afb. 26 Zwarte en bruine cockerspaniëls.



We gaan dit vraagstuk in stappen oplossen.

- 1 Wat zijn de genotypen van de ouders? Geef deze genotypen in een kruising weer. De ouderdieren zijn homozygoot zwartharig (BB) en homozygoot bruinharig (bb). De kruising is dan:  $BB \times bb$ .
- 2 Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten? In geslachtscellen komen genen enkelvoudig voor. Elke eicel die de teef (BB) produceert, bevat het allel B. Elke zaadcel die de reu (bb) produceert, bevat het allel b.
- 3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern? Bij bevruchting versmelt de kern van een eicel (met allel B) met de kern van een zaadcel (met allel b). De puppy die zich uit deze zygote ontwikkelt, is zwartharig (Bb). Andere mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern zijn er bij deze kruising niet. Alle dieren in de  $F_1$  zijn heterozygoot zwartharig.









## opdracht 10

De labradors in de  $F_1$  van deze kruising planten zich onderling voort.

Neem de volgende zinnen over en vul ze aan.

- 1 Het fenotype van de labradors in de  $F_1$  is ...
- 2 Het genotype van de labradors in de  $F_1$  is ...
- 3 Onderlinge voortplanting van dieren in de  $F_1$  wordt weergegeven door ...  $\times$  ...
- 4 Een labradorteef ( $\text{♀}$ ) in de  $F_1$  kan twee typen eicellen produceren: eicellen met het allel ... en eicellen met het allel ...
- 5 Een labradorreu ( $\text{♂}$ ) in de  $F_1$  kan twee typen zaadcellen produceren: zaadcellen met het allel ... en zaadcellen met het allel ...

## ▼ Afb. 27

	 allel in eicel	 allel in eicel
 allel in zaadcel	 allelen in zygote	 allelen in zygote
 allel in zaadcel	 allelen in zygote	 allelen in zygote

Bij bevruchting weten we niet welke eicel door welke zaadcel wordt bevrucht. Er zijn vier mogelijkheden:

- Een eicel met het allel B wordt bevrucht door een zaadcel met het allel B.
- Een eicel met het allel B wordt bevrucht door een zaadcel met het allel b.
- Een eicel met het allel b wordt bevrucht door een zaadcel met het allel B.
- Een eicel met het allel b wordt bevrucht door een zaadcel met het allel b.

Om dit overzichtelijk op te schrijven gebruiken we een schema (zie afbeelding 27). De allelen in de eicellen zetten we boven in het schema en de allelen in de zaadcellen links in het schema.

Er zijn dus vier mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern. Elke mogelijkheid heeft een even grote kans om voor te komen. De kans voor elke mogelijkheid is dus  $\frac{1}{4}$  of 25%.

In afbeelding 28 is het complete kruisingsschema van dit vraagstuk weergegeven.

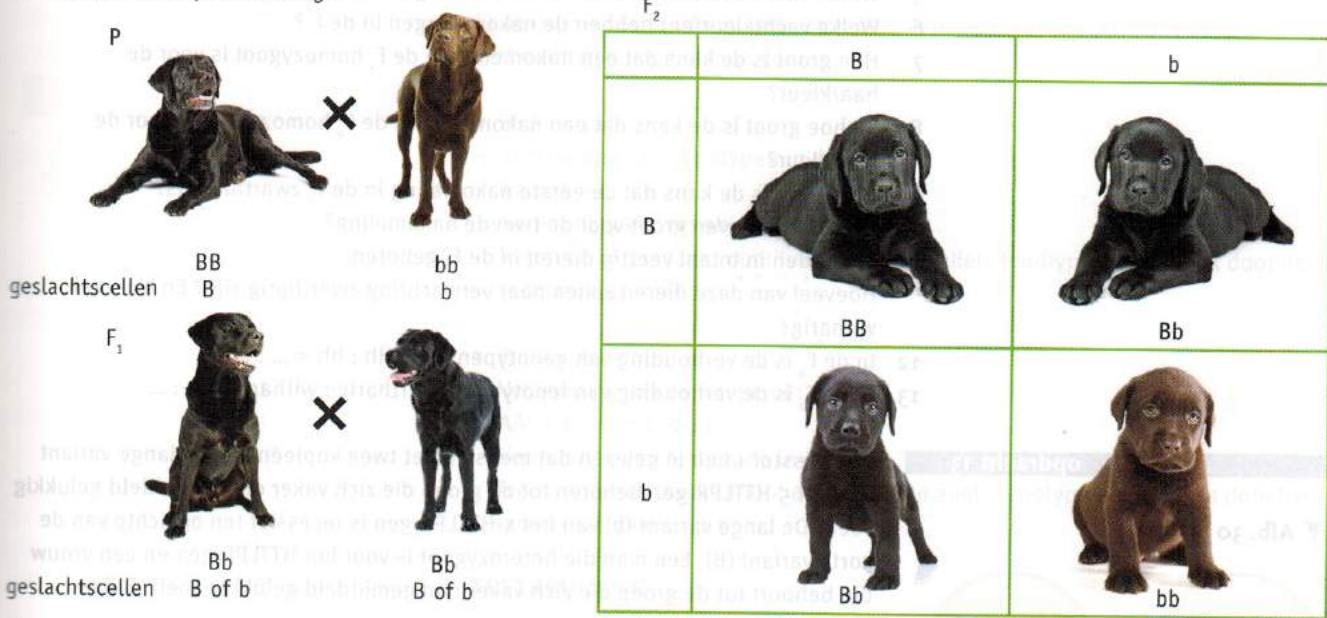
## opdracht 11

Neem de volgende zinnen over en vul ze aan.

- 1 De kans dat een puppy in de  $F_2$  het genotype AA heeft, is ... of ...%. Het fenotype van dit puppy is ...
- 2 De kans dat een puppy in de  $F_2$  het genotype aa heeft, is ... of ...%. Het fenotype van dit puppy is ...
- 3 De kans dat een puppy in de  $F_2$  het genotype Aa heeft, is ... of ...%. Het fenotype van dit puppy is ...
- 4 De kans dat een puppy in de  $F_2$  zwartharig is, is ... of ...%. De kans dat een puppy in de  $F_2$  bruinharig is, is ... of ...%.



▼ Afb. 28 Monohybride kruising.



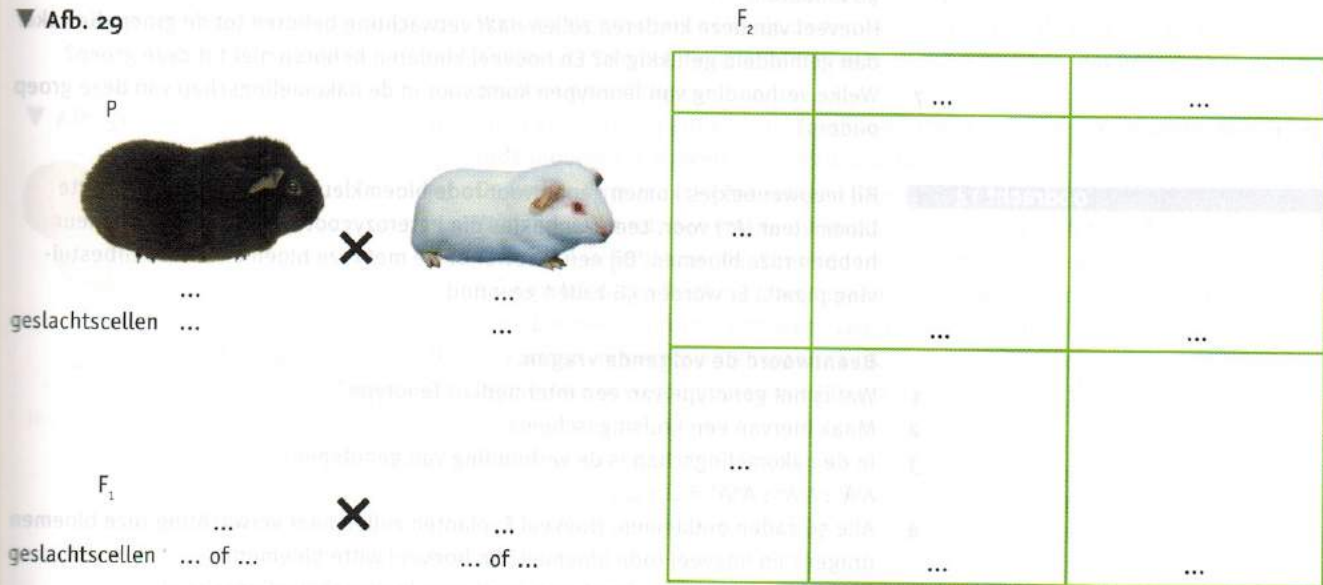
opdracht 12

Bij cavia's is het gen voor zwarte haarkleur (H) dominant over het gen voor witte haarkleur (h). Een zwarte cavia die homozygoot is voor de haarkleur paart een aantal malen met een witte cavia. De nakomelingen in de F<sub>1</sub> paren onderling, waardoor een F<sub>2</sub> ontstaat.

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat zijn de genotypen van de ouders?
- 2 Welke genen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?
- 3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern?
- 4 Neem het kruisingsschema van afbeelding 29 over en vul het in.

▼ Afb. 29

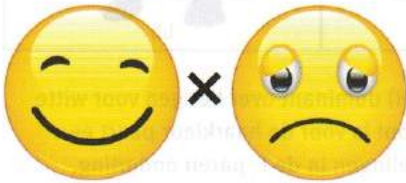




- 5 Welke vachtkleur(en) hebben de nakomelingen in de  $F_1$ ?
- 6 Welke vachtkleur(en) hebben de nakomelingen in de  $F_2$ ?
- 7 Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de  $F_1$  homozygoot is voor de haarkleur?
- 8 En hoe groot is de kans dat een nakomeling in de  $F_2$  homozygoot is voor de haarkleur?
- 9 Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de  $F_2$  zwartharig is?
- 10 Is deze kans even groot voor de tweede nakomeling?
- 11 Er worden in totaal veertig dieren in de  $F_2$  geboren.  
Hoeveel van deze dieren zullen naar verwachting zwartharig zijn? En hoeveel witharig?
- 12 In de  $F_2$  is de verhouding van genotypen:  $HH : Hh : hh = \dots : \dots : \dots$
- 13 In de  $F_2$  is de verhouding van fenotypen: zwartharig : witharig =  $\dots : \dots$

## opdracht 13

▼ Afb. 30



In basisstof 1 heb je gelezen dat mensen met twee kopieën van de lange variant van het 5-HTTLPR-gen behoren tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt. De lange variant (b) van het 5-HTTLPR-gen is recessief ten opzichte van de korte variant (B). Een man die heterozygoot is voor het HTTLPR-gen en een vrouw die behoort tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt, krijgen samen een aantal kinderen.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat zijn de genotypen van de ouders?
- 2 Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?
- 3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern?
- 4 Maak van deze kruising een kruisingsschema tot aan de  $F_1$ .
- 5 Hoe groot is de kans dat het eerste kind van deze ouders behoort tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt? En hoe groot is de kans dat het eerste kind niet tot deze groep behoort?
- 6 Een groep ouders die bestaat uit paren met de genotypen  $Bb$  en  $bb$  heeft samen 96 kinderen.  
Hoeveel van deze kinderen zullen naar verwachting behoren tot de groep die vaker dan gemiddeld gelukkig is? En hoeveel kinderen behoren niet tot deze groep?
- 7 Welke verhouding van fenotypen komt voor in de nakomelingschap van deze groep ouders?

## opdracht 14

Bij leeuwenbekjes komen genen voor rode bloemkleur ( $A$ ) en genen voor witte bloemkleur ( $A^w$ ) voor. Leeuwenbekjes die heterozygoot zijn voor de bloemkleur hebben roze bloemen. Bij een leeuwenbekje met roze bloemen vindt zelfbestuiving plaats. Er worden 56 zaden gevormd.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat is het genotype van een intermediair fenotype?
- 2 Maak hiervan een kruisingsschema.
- 3 In de nakomelingschap is de verhouding van genotypen:  
 $A^wA^w : A^wA : AA^w = \dots : \dots : \dots$
- 4 Alle 56 zaden ontkiemen. Hoeveel  $F_1$ -planten zullen naar verwachting roze bloemen dragen? En hoeveel rode bloemen? En hoeveel witte bloemen?
- 5 Welke verhouding van fenotypen komt voor in de nakomelingschap?



**VERHOUDINGEN VAN GENOTYPEN IN DE F<sub>1</sub>**

In de opdrachten 12 en 13 heb je gezien dat in de F<sub>1</sub> van een kruising verschillende verhoudingen voor kunnen komen.

- P: Aa × aa.
  - Verhouding van genotypen in de F<sub>1</sub>:  
Aa : aa = 1 : 1.
  - Verhouding van fenotypen in de F<sub>1</sub>:  
fenotype veroorzaakt door het dominante allel : fenotype veroorzaakt door het recessieve allel = 1 : 1.
- P: Aa × Aa.
  - Verhouding van genotypen in de F<sub>1</sub>:  
AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1.
  - Verhouding van fenotypen in de F<sub>1</sub>:  
fenotype veroorzaakt door het dominante allel : fenotype veroorzaakt door het recessieve allel = 3 : 1.

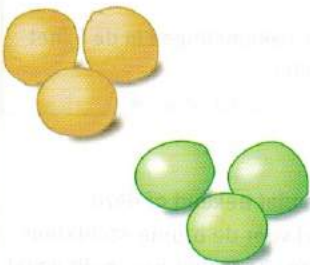
**TESTKRUISING**

Aan een organisme kun je niet zien of dit homozygoot of heterozygoot is voor een dominant allel. Je kunt hier achter komen door een **testkruising** uit te voeren (zie afbeelding 32). Uit een testkruising blijkt dat de verhoudingen van de genotypen in de F<sub>1</sub> verschillend zijn bij de kruisingen AA × aa en Aa × aa. Een testkruising is alleen betrouwbaar als de F<sub>1</sub> uit een voldoende groot aantal nakomelingen bestaat. Bij slechts enkele nakomelingen is de verhouding van genotypen en fenotypen in de F<sub>1</sub> te sterk afhankelijk van het toeval.

**opdracht 15****Beantwoord de volgende vragen.**

De zaden van een erwtenplant kunnen groen of geel zijn. Uit een groen zaad en een geel zaad ontkiemen erwtenplanten. Deze erwtenplanten worden met elkaar gekruist. Er ontstaan 204 groene zaden en 187 gele zaden.

- 1 De verhouding 204 : 187 is ongeveer gelijk aan ... : ...
- 2 Wat zijn de genotypen van de ouderplanten? Gebruik de letters G en g.
- 3 Kun je uit deze gegevens afleiden welk allel dominant is: dat voor groene zaden of dat voor gele zaden?
- 4 Van twee andere planten worden nakomelingen verkregen. Hiervan blijken er 28 rode bloemen te dragen en 11 witte bloemen.  
De verhouding 28 : 11 is ongeveer gelijk aan ... : ...
- 5 Wat zijn de genotypen van de ouderplanten? Gebruik de letters A en a.
- 6 Welk allel is dominant: dat voor een rode bloem of dat voor een witte bloem?
- 7 Kunnen bij deze planten uit twee planten met rode bloemen nakomelingen met witte bloemen worden verkregen? Leg je antwoord uit.
- 8 En kunnen bij deze planten uit twee planten met witte bloemen nakomelingen met rode bloemen worden verkregen? Leg je antwoord uit.

**▼ Afb. 31**











## ▼ Afb. 32

## BIOLOGISCHE TECHNIEK

## TESTKRUISING

Doel	Bepalen of een organisme homozygoot of heterozygoot is voor een bepaald allelenpaar.
Werkwijze	Een organisme waarvan onbekend is of dit homozygoot of heterozygoot is voor een bepaald allelenpaar wordt gekruist met een organisme dat homozygoot recessief is voor dit allelenpaar. Uit de verhouding van de fenotypen van de $F_1$ kan dan het genotype van de ouder waarvan dit onbekend is, worden bepaald voor dit allelenpaar.
	

## Resultaat

		Indien homozygoot		Indien heterozygoot	
$F_1$		A	A	A	a
a					
a					

Indien het organisme homozygoot is voor het allelenpaar zal bij 100% van de nakomelingen in de  $F_1$  het dominante allel tot uiting komen in het fenotype.

Indien het organisme heterozygoot is voor het allelenpaar zal bij 50% van de nakomelingen in de  $F_1$  het dominante allel tot uiting komen in het fenotype en bij 50% het recessieve allel.

## opdracht 16

## Beantwoord de volgende vragen.

- Van een zwarte hond met erg goede eigenschappen is niet bekend of deze homozygoot zwart (BB) is, of dat de hond ook een allel voor de bruine vachtkleur (b) bezit. Een hondenfokker kan dan een DNA-test doen. De fokker kan in dit geval ook kiezen voor een testkruising (zie afbeelding 32).  
Leg uit hoe de fokker in dit geval te werk moet gaan bij een testkruising.
- In de basisstof heb je gelezen dat een testkruising alleen betrouwbaar is als de  $F_1$  uit een voldoende aantal nakomelingen bestaat. In tabel 1 zie je foutpercentages van een testkruising bij één tot vijf nakomelingen.  
Bij paarden is het allel voor bruine vachtkleur met zwarte staart en manen recessief ten opzichte van het allel voor een lichtbruine vachtkleur met blonde



staart en manen (zie afbeelding 33). Een merrie (♀) met blonde vachtkleur wordt driemaal gekruist met een hengst (♂) met een donkere vachtkleur. Er worden in totaal drie veulens met blonde vachtkleur geboren.

Met welk foutpercentage kun je zeggen dat de merrie homozygoot is voor de blonde vachtkleur?

► Afb. 33



1 bruine vacht met zwarte staart en manen      2 lichtbruine vacht met blonde staart en manen

3 Bij tabel 1 hoort de volgende formule: Foutpercentage testkruising =  $0,5^n \times 100\%$ , waarbij  $n$  het aantal nakomelingen is.

Bereken met deze formule het foutpercentage bij tien nakomelingen.

4 In welk geval kan bij één nakomeling van de  $F_1$  het foutpercentage van een testkruising toch 0% zijn?

► Tabel 1 Verband tussen aantal nakomelingen en foutpercentage.

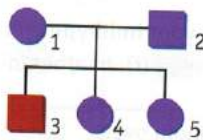
Aantal nakomelingen	Foutpercentage %
1	50
2	25
3	12,5
4	6,25
5	3,125

### STAMBOMEN

In afbeelding 34 is een voorbeeld van een stamboom getekend. Uit deze stamboom is af te lezen dat beide ouders en twee van de drie kinderen zwart haar hebben.

Eén kind heeft blond haar. Bij opdracht 15 heb je gezien dat twee ouderplanten met gelijk fenotype (rode bloemen) een of meer nakomelingen kunnen krijgen met een afwijkend fenotype (witte bloemen). Dit is alleen mogelijk als beide ouders heterozygoot zijn (Aa) en deze nakomeling(en) homozygoot recessief (aa).

► Afb. 34 Een stamboom.



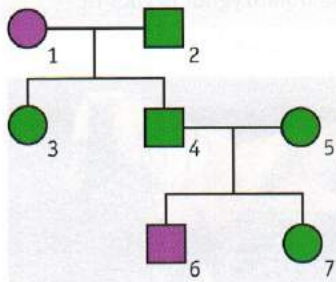
Legenda:

blond haar       vrouw  
 zwart haar       man



opdracht 17

▼ Afb. 35



Legenda:

- stofwisselingsziekte PKU
- gezond

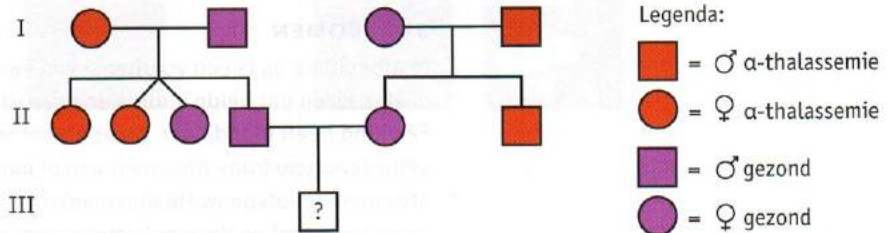
PKU is een stofwisselingsziekte die goed kan worden behandeld. Tijdig opsporen van de ziekte is belangrijk. Daarom worden Nederlandse baby's met een prikje in de hiel getest op PKU. In een bepaalde familie komt PKU voor. De stamboom van deze familie is weergegeven in afbeelding 35.

Neem deze stamboom over. Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke nummers geven een vrouwelijke persoon weer?
- 2 Welke nummers geven een gezonde mannelijke persoon weer?
- 3 Uit de kruising 4 × 5 en hun kind 6 kun je afleiden welk allel dominant is en welk allel recessief.  
Welk allel is recessief: het allel voor gezond zijn of het allel voor PKU?
- 4 Noteer in de stamboom het genotype bij de personen die homozygoot recessief zijn. Gebruik hierbij aa.
- 5 De personen waarbij het dominante gen tot uiting komt, hebben in ieder geval één allel A. Daarbij kunnen ze het allel A of het allel a hebben. Noteer bij deze personen in de stamboom één A.
- 6 Welk allel kreeg persoon 3 van haar moeder?
- 7 Welk genotype heeft persoon 3 dus?
- 8 Welk allel kreeg persoon 4 van zijn vader?
- 9 Welk genotype heeft persoon 4 dus?
- 10 Welk genotype heeft persoon 5?
- 11 Van welke personen kun je niet met zekerheid het genotype vaststellen?

opdracht 18

► Afb. 36



$\alpha$ -thalassemie is een ziekte bij de mens die wordt veroorzaakt door afwijkende rode bloedcellen. De ziekte wordt gekenmerkt door klachten als lusteloosheid en vermoeidheid.  $\alpha$ -thalassemie treedt alleen op bij mensen die homozygoot zijn voor het betreffende afwijkende gen. In afbeelding 36 is een stamboom weergegeven van een familie waarin  $\alpha$ -thalassemie voorkomt. Van het jonge kind in de derde generatie (III) is nog niet bekend of het aan de ziekte gaat lijden. Hoe groot is de kans dat dit kind  $\alpha$ -thalassemie ontwikkelt?

opdracht 19

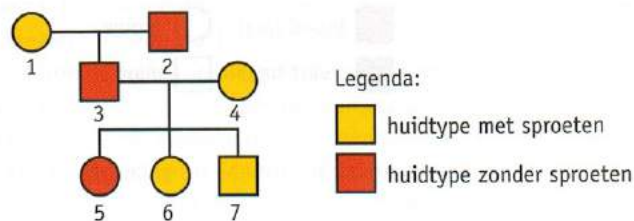
► Afb. 37



1 huidtype met sproeten

Bij mensen is het gen voor huidtype met sproeten (R) dominant over het gen voor huidtype zonder sproeten (r). In afbeelding 37 is een stamboom van mensen weergegeven.

- Neem deze stamboom over.
- Noteer bij elke persoon uit de stamboom het genotype.



2 stamboom van een familie met verschillende huidtypen



## Oefenvraagstukken

Met de volgende opdrachten kun je controleren of je in staat bent erfelijkheidsvraagstukken op te lossen over de stof die tot nu toe is behandeld. De laatste opdracht bestaat uit examenvragen.

## opdracht 20

Bij bananenvliegjes is het gen voor grijze lichaamskleur (G) dominant over het gen voor zwarte lichaamskleur (g). Twee vliegen paren met elkaar. Ze krijgen 67 grijze en 74 zwarte nakomelingen.

Noteer de genotypen en de fenotypen van de ouders.

## opdracht 21

Erwtenplanten die zijn ontstaan uit ronde zaden worden gekruist met erwtenplanten die zijn ontstaan uit hoekige zaden. Er ontstaan zaden die alle rond zijn ( $F_1$ ). De planten die uit deze ronde zaden ontstaan, bestuiven onderling. Hierdoor ontstaan 5474 ronde zaden en 1850 hoekige zaden ( $F_2$ ).

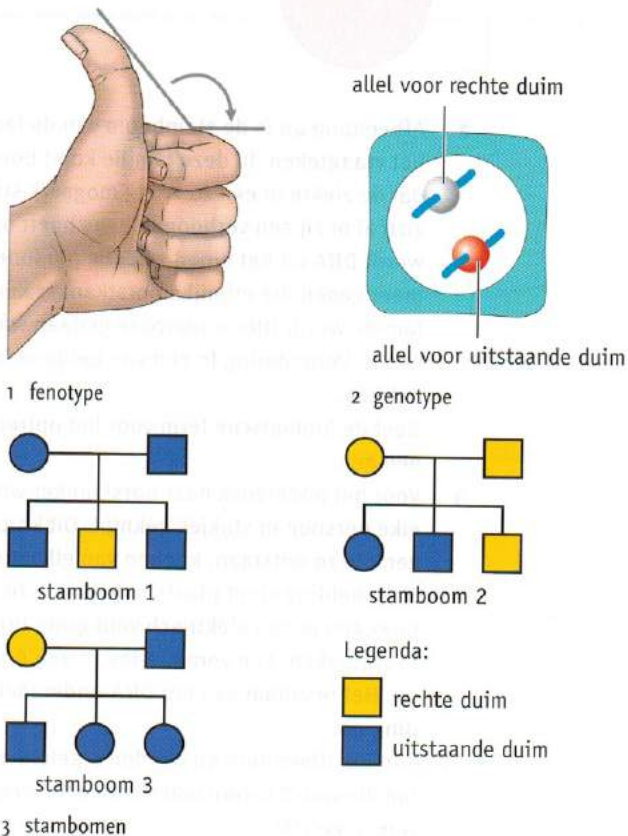
Noteer het genotype van de planten in de P-generatie en in de  $F_1$ -generatie. Gebruik de letters R en r.

## opdracht 22

Sommige mensen hebben een uitstaande duim. Bij een uitstaande duim maakt het bovenste kootje een hoek van veel meer dan 90 graden met de wijsvinger. Bij mensen met een rechte duim is het niet meer dan 90 graden. In afbeelding 38.1 en 38.2 zie je een fenotype en een genotype van een persoon voor de eigenschap duimstand weergegeven. In afbeelding 38.3 zijn drie stambomen getekend waarin de overerving van de duimstand is weergegeven.

- Bepaal welke eigenschap dominant is met behulp van afbeelding 38.1 en 38.2.
- Noteer de nummers van de stambomen die juist kunnen zijn voor wat betreft de overerving van de duimstand.

► Afb. 38





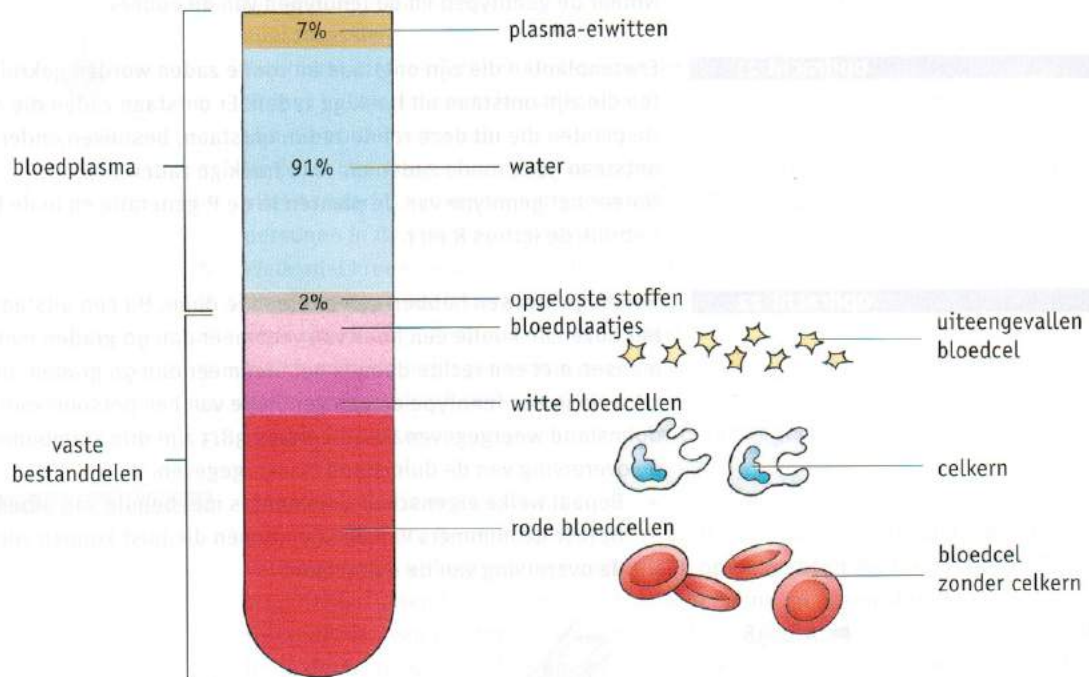
## opdracht 23

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Om uit te zoeken of iemand drager is van een bepaald gen defect, kan aan de hand van een bloedmonster DNA uit de chromosomen worden onderzocht. In afbeelding 39 zijn enkele bestanddelen van menselijk bloed weergegeven. Vier bestanddelen van menselijk bloed zijn: bloedplasma, bloedplaatjes, rode bloedcellen en witte bloedcellen.

Welk van deze bestanddelen van het bloed kan worden gebruikt voor het opsporen van een eventueel gen defect aan de hand van DNA uit de chromosomen?

## ▼ Afb. 39 De samenstelling van bloed.



- 2 Afbeelding 40 is de stamboom van de familie van Carla. Carla is aangegeven met het vraagteken. In deze familie komt borstkanker voor. Bij kanker is het belangrijk dat de ziekte in een zo vroeg mogelijk stadium wordt opgespoord. Carla vraagt zich af of zij een verhoogde kans heeft op het krijgen van borstkanker. Daarom wordt DNA uit het bloed van alle personen in de stamboom onderzocht. Er zijn meer genen die erfelijke borstkanker kunnen veroorzaken. In de betreffende familie wordt DNA-onderzoek gedaan waarbij op twee genen wordt gelet: gen A en gen B. Verandering in een van beide of in beide genen kan borstkanker tot gevolg hebben.

Geef de biologische term voor het optreden van een verandering in het DNA van een gen.

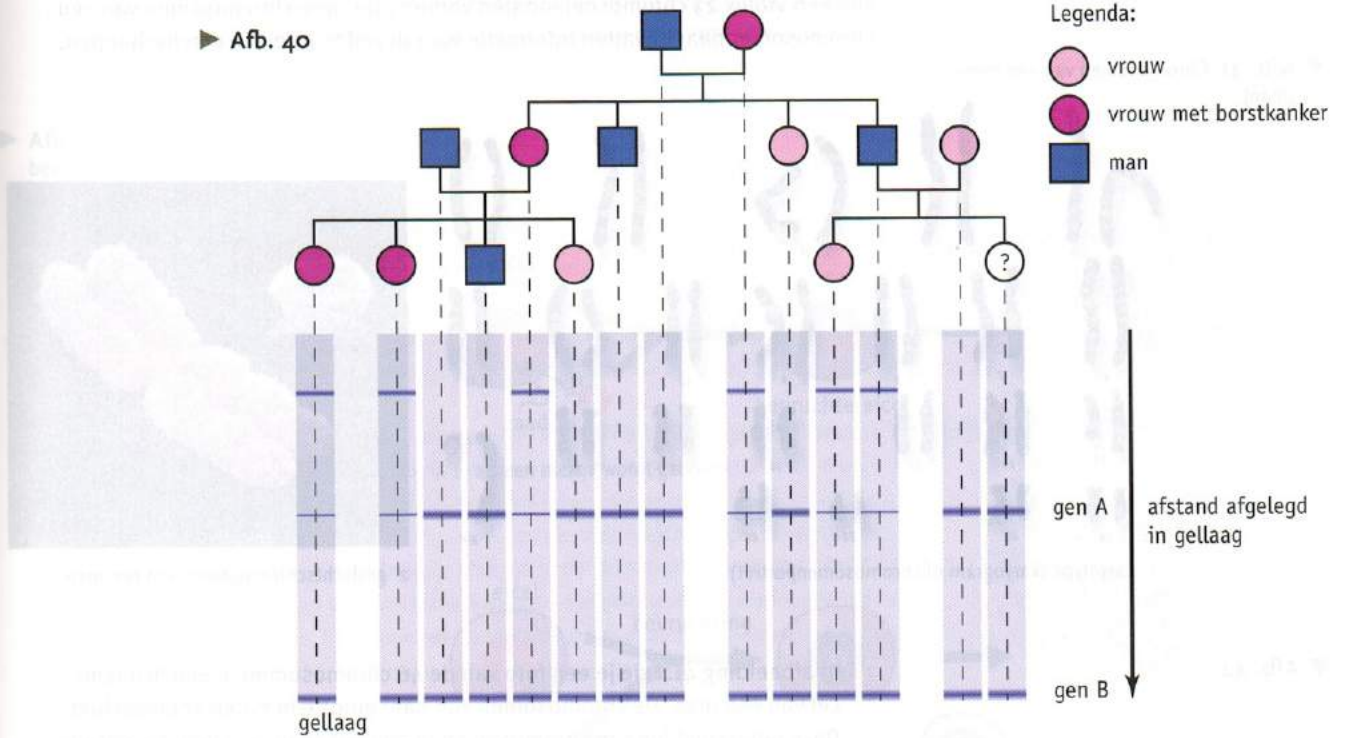
- 3 Voor het onderzoek naar borstkanker worden DNA-moleculen uit het bloed van elke persoon in stukjes geknipt. Dit knippen gebeurt met enzymen. De brokstukken die zo ontstaan, kunnen van elkaar gescheiden en zichtbaar worden gemaakt. De scheiding vindt plaats in een gel: dit is een soort gelatinelaaagje. In deze gel bewegen in een elektrisch veld grote brokstukken minder snel dan kleine brokstukken. Een verandering in gen A of in gen B levert grotere DNA-brookstukken op. Het resultaat van het DNA-onderzoek in de familie is weergegeven in afbeelding 40.

Kan uit afbeelding 40 worden afgeleid of de erfelijke vorm van borstkanker in deze familie wordt veroorzaakt door een verandering in gen A en/of door een verandering in gen B?



- 4 Uit het familieonderzoek blijkt dat Carla geen verhoogde kans op borstkanker heeft, maar haar zus wel. De arts die het testresultaat voor zich heeft, ziet zich voor een gewetensprobleem geplaatst. Moet hij de zus van Carla, die niet om een test heeft gevraagd, inlichten? Geef een (bio)medisch argument waarom de arts zou kunnen besluiten om die zus wel in te lichten over het testresultaat.

► Afb. 40

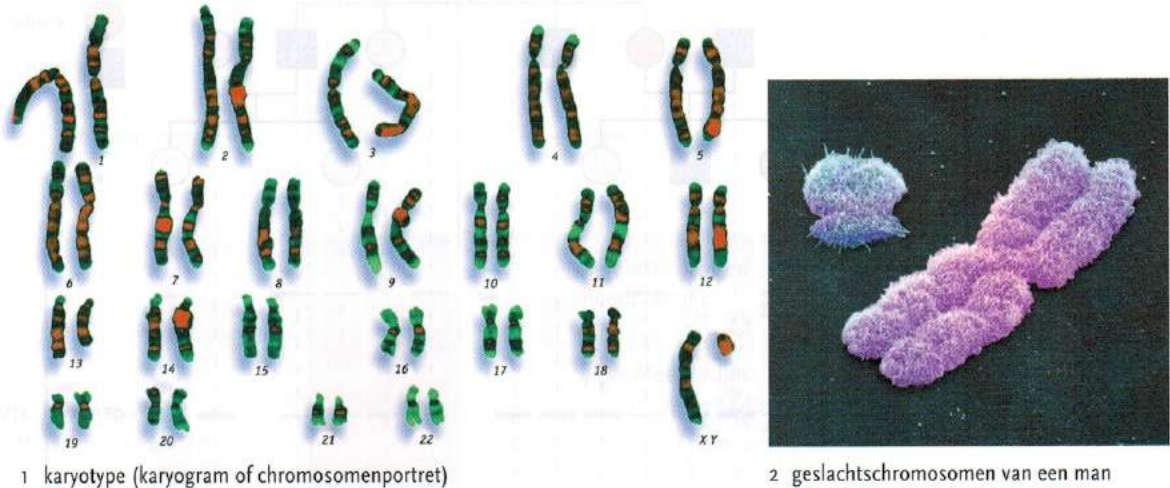




# 5 Geslachtschromosomen

In thema 3 Voortplanting heb je gezien dat de 46 chromosomen in een lichaamscel van een vrouw 23 chromosomenparen vormen. De twee chromosomen van een chromosomenpaar bevatten informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen.

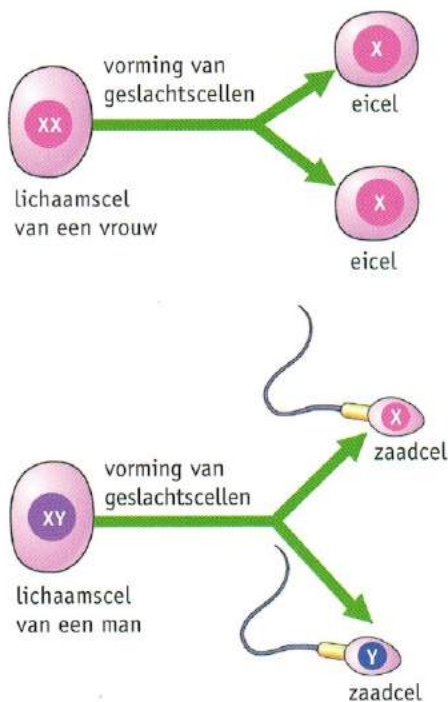
▼ Afb. 41 Chromosomen van een mens (man).



1 karyotype (karyogram of chromosomenportret)

2 geslachtschromosomen van een man

▼ Afb. 42



In afbeelding 41.1 zie je een foto van de 46 chromosomen in een lichaamscel van een man. De chromosomen zijn naar grootte in paren gerangschikt. Deze rangschikking van chromosomen in een eukaryote cel heet **karyotype** en wordt ook wel **karyogram** of **chromosomenportret** genoemd. Je ziet dat 22 chromosomenparen kunnen worden gevormd. Deze chromosomen worden **autosomen** genoemd. De overgebleven twee chromosomen zijn bij een man niet aan elkaar gelijk. Eén van deze twee chromosomen komt overeen met een chromosoom van het 23e paar bij een vrouw. Dit chromosoom noemen we het **X-chromosoom**, het andere het **Y-chromosoom**. Een lichaamscel van een vrouw bevat twee X-chromosomen (XX); een lichaamscel van een man een X-chromosoom en een Y-chromosoom (XY). Met dit chromosomenpaar kan het geslacht van een individu worden bepaald. Daarom worden deze chromosomen de **geslachtschromosomen** genoemd.

Het karyotype van een organisme kan ook als formule worden opgeschreven. Daarbij wordt eerst het aantal chromosomen opgeschreven, daarna welke geslachtschromosomen voorkomen. Bij mensen zijn de normale karyotypes [46, XX] voor een vrouw en [46, XY] voor een man.

In geslachtscellen komen de chromosomen enkelvoudig voor. Geslachtscellen ontstaan na meiose, waarbij de chromosomen van een paar uit elkaar gaan. Een geslachtscel bevat slechts één geslachtschromosoom. Een eicel van een vrouw bevat altijd een X-chromosoom. Een zaadcel van een man kan een X-chromosoom of een Y-chromosoom bevatten (zie afbeelding 42).

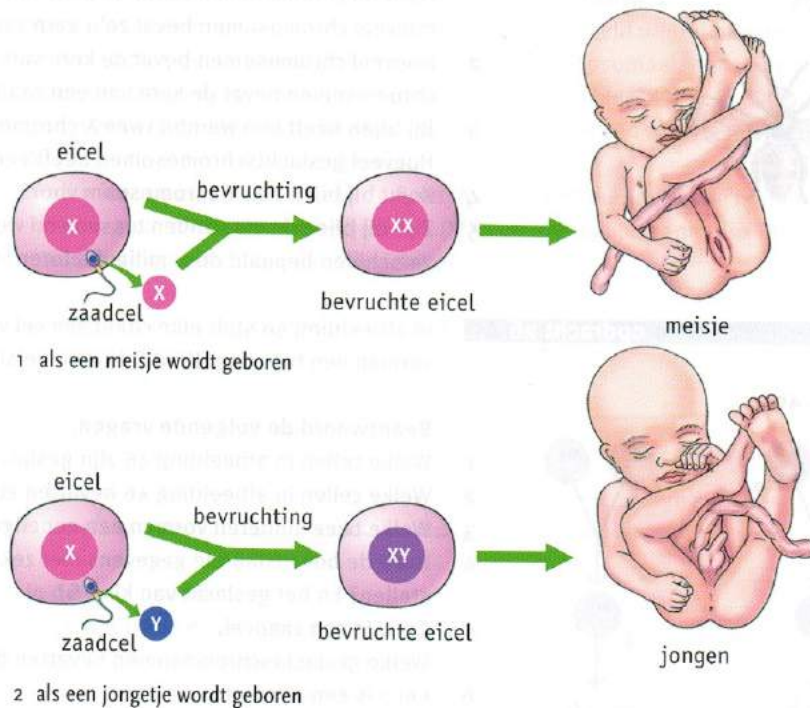
Als bij bevruchting de kern van de zaadcel een X-chromosoom bevat, ontstaat een zygote met twee X-chromosomen in de kern. Hieruit ontwikkelt zich een meisje (XX). Als de kern van de zaadcel een Y-chromosoom bevat, ontstaat een zygote met een X-chromosoom en een Y-chromosoom in de kern. Hieruit ontwik-



kelt zich een jongetje (XY). Het geslacht van een mens komt bij de bevruchting vast te liggen. Bepalend hiervoor is het geslachtschromosoom in de zaadcel (zie afbeelding 43).

Ook bij de meeste dieren bepaalt één chromosomenpaar het geslacht van het dier. Bij zoogdieren en bij het bananenvliegje hebben de vrouwtjes twee X-chromosomen en de mannetjes een X-chromosoom en een Y-chromosoom in elke lichaamscel. Bij vogels en enkele soorten vissen hebben de mannetjes twee X-chromosomen en de vrouwtjes een X-chromosoom en een Y-chromosoom in elke lichaamscel.

► **Afb. 43** Geslachtschromosomen bij bevruchting (schematisch).

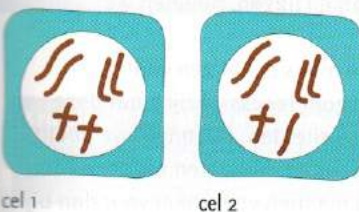


#### opdracht 24

**Beantwoord de volgende vragen.**

- In welke cellen komen geslachtschromosomen voor: in lichaamscellen, in geslachtscellen, of in beide?
- Welk verschil kun je waarnemen als je delende lichaamscellen bij een man en bij een vrouw microscopisch onderzoekt?
- In afbeelding 44 zijn twee lichaamscellen van verschillende personen schematisch getekend met daarin 3 van de 23 chromosomenparen. Welke cel is afkomstig van een man en welke van een vrouw? Leg je antwoord uit.
- Welke geslachtschromosomen kunnen in een zaadcel voorkomen? En welke in een eikel?
- Op welk moment komt het geslacht van een mens vast te liggen? En op welke manier?
- Er wordt een jongetje geboren. Welk geslachtschromosoom bevatte de zaadcel die bij de bevruchting betrokken was?
- Bij konijnen zijn de geslachtschromosomen X en Y op dezelfde wijze verdeeld als bij de mens. Voor konijnen geldt  $n = 22$ ,  $2n = 44$ . Geef het karyotype van een mannetjeskonijn en van een vrouwtjeskonijn in een formule.

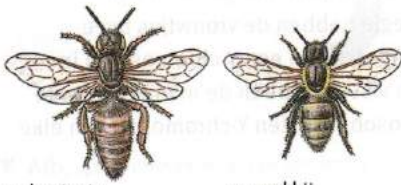
▼ **Afb. 44**





## opdracht 25

## ▼ Afb. 45 Bijen.



1 koningin

2 werkbij



3 dar

Bij sommige diersoorten worden de geslachten op een andere manier bepaald dan door geslachtschromosomen. Bij bijen bijvoorbeeld zijn de mannetjes (darren) haploïd. Darren ontwikkelen zich uit onbevuchte eicellen. Vrouwelijke bijen ontstaan uit bevruchte eicellen.

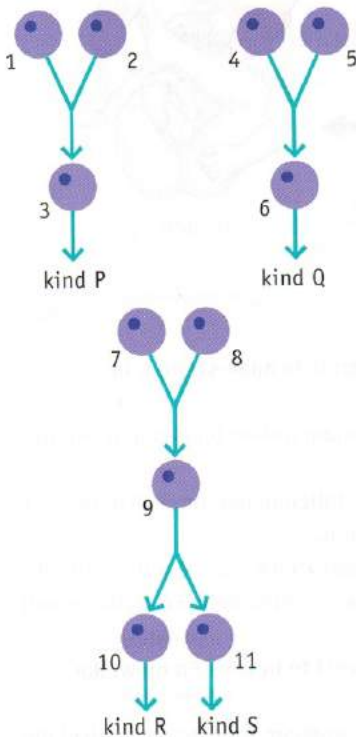
Afhankelijk van de voeding ontwikkelt een zygote zich tot een koningin of een werkbij.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- Voor bijen geldt  $n = 16$ .  
Hoeveel chromosomen bevat de kern van een pootcel van een koningin? En hoeveel chromosomen bevat zo'n kern van een dar?
- Hoeveel chromosomen bevat de kern van een eicel van een koningin? En hoeveel chromosomen bevat de kern van een zaadcel van een dar?
- Bij bijen heeft een werkbij twee X-chromosomen in elke lichaamscel. Hoeveel geslachtschromosomen heeft een dar in elke lichaamscel?
- Komt bij bijen een Y-chromosoom voor?
- Zijn bij bijen de verschillen tussen een werkbij en een koningin erfelijk of zijn deze verschillen bepaald door milieufactoren? Leg je antwoord uit.

## opdracht 26

## ▼ Afb. 46



In afbeelding 46 stelt elke cirkel een cel van een mens voor. De kinderen P en Q vormen een tweeling. Kind Q is een meisje en kind R een jongen.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- Welke cellen in afbeelding 46 zijn geslachtscellen?
- Welke cellen in afbeelding 46 bevatten elk een paar geslachtschromosomen?
- Welke twee kinderen vormen een eeneiige tweeling?
- Is uit de bovenstaande gegevens met zekerheid het geslacht van kind P vast te stellen? En het geslacht van kind S?
- Cel 4 is een zaadcel.  
Welke geslachtschromosomen bevatten de cellen 4 tot en met 6?
- Cel 7 is een zaadcel.  
Welke geslachtschromosomen bevatten de cellen 7 tot en met 11?

**X-CHROMOSOMALE OVERERFING**

Net als in de autosomen komen ook in de geslachtschromosomen genen voor. De genen die in het X-chromosoom liggen, komen echter niet voor in het Y-chromosoom. Deze genen noemen we **X-chromosomaal**. Het Y-chromosoom bevat vrijwel geen genen. Genen die op de autosomen liggen, noemen we **autosomaal**.

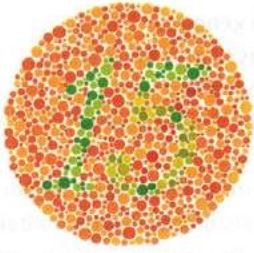
Een voorbeeld van een X-chromosomaal gen bij de mens is het gen voor **roodgroenkleurenblindheid**. Mensen die homozygoot recessief zijn voor deze genen kunnen de kleuren rood en groen niet onderscheiden. (Wanneer we het in het vervolg van dit thema over kleurenblindheid hebben, bedoelen we deze vorm van kleurenblindheid.) Kleurenblindheid komt bij mannen veel vaker voor dan bij vrouwen.

Ook **bloederziekte** of **hemofilie** (een ziekte waarbij het bloed van een patiënt niet goed kan stollen) wordt veroorzaakt door een X-chromosomaal gen. Bloederziekte komt vrijwel alleen bij mannen voor.

Een ander voorbeeld van X-chromosomale overerving bij de mens is hypertrichose, dat bij de mens vooral overbeharing in het gezicht veroorzaakt (zie afbeelding 48).



▼ **Afb. 47** Test voor roodgroenkleurenblindheid.



In kruisingschema's geven we een dominant X-chromosomaal allel aan met  $X^A$  en een recessief X-chromosomaal allel met  $X^a$ . Voor een eigenschap veroorzaakt door een X-chromosomaal gen kan een vrouw homozygoot ( $X^A X^A$  of  $X^a X^a$ ) of heterozygoot ( $X^A X^a$ ) zijn. Een vrouw die hiervoor heterozygoot is, wordt **draagster** genoemd. Voor een man zijn de termen 'homozygoot' en 'heterozygoot' niet van toepassing op eigenschappen die X-chromosomaal overerven. Een man kan voor zo'n eigenschap als genotype  $X^A Y$  of  $X^a Y$  hebben. (Soms worden X-chromosomale genen op dezelfde manier weergegeven als andere genen: A of a. Het Y-chromosoom wordt dan als een streepje weergegeven. Het genotype van een mannetje kan dan zijn A- of a-.)

We werken het volgende kruisingsvraagstuk als voorbeeld uit. Bij bananenvliegjes zijn de genen voor rode en witte oogkleur X-chromosomaal. Het gen voor rode oogkleur ( $X^R$ ) is dominant over het gen voor witte oogkleur ( $X^r$ ).

Een homozygoot roodogig vrouwtje wordt gekruist met een witogig mannetje. De  $F_1$ -vliegjes worden onderling gekruist.

Welke fenotypen komen voor in de  $F_2$  en in welke verhouding? In de  $F_1$  komen heterozygoot roodogige vrouwtjes voor ( $X^R X^r$ ) en roodogige mannetjes ( $X^R Y$ ). Bij onderlinge kruising van de  $F_1$ -vliegjes krijgen we:

$F_1$   $X^R X^r$  ×  $X^R Y$   
 geslachtscellen  $X^R$  of  $X^r$   $X^R$  of  $Y$

$F_2$

	$X^R$	$X^r$
$X^R$	$X^R X^R$	$X^R X^r$
$Y$	$X^R Y$	$X^r Y$

In de  $F_2$  komen voor:

- 50% roodogige vrouwtjes ( $X^R X^R$  en  $X^R X^r$ );
- 25% roodogige mannetjes ( $X^R Y$ );
- 25% witogige mannetjes ( $X^r Y$ ).

De verhouding tussen deze fenotypen is 2 : 1 : 1.

In de  $F_2$  zien we dat bij de mannetjes een fenotype voorkomt dat bij de vrouwtjes ontbreekt. Als we bij een kruising bij grote aantallen nakomelingen zo'n verschil aantreffen, dan kunnen we hieruit afleiden dat er een X-chromosomaal gen bij de overerving is betrokken.

### opdracht 27

Bij mensen is het gen voor kleurenblindheid recessief en X-chromosomaal ( $X^c$ ). Ten aanzien van kleurenblindheid zijn zes verschillende kruisingen mogelijk.

- 1 Neem het volgende schema over en vul het in.

Kruising	Fenotypen ouders		Genotypen ouders		Kans op een kleurenblind kind	
	Van de moeder	Van de vader	Van de moeder	Van de vader	Als een dochter wordt geboren	Als een zoon wordt geboren
1	kleurenziend (homozygoot)	kleurenziend				
2	kleurenziend (homozygoot)	kleurenblind				
3	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenziend				
4	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenblind				
5	kleurenblind	kleurenziend				
6	kleurenblind	kleurenblind				



- 2 Leg uit dat er veel meer kleurenblinde jongens dan kleurenblinde meisjes worden geboren.
- 3 In een bepaalde familie wordt een kleurenblind jongetje geboren. Kun je met zekerheid zeggen dat de vader kleurenblind is? En de moeder?
- 4 In een andere familie wordt een kleurenblind meisje geboren. Kun je met zekerheid zeggen dat de vader kleurenblind is? En de moeder?

**opdracht 28**

Meinard is kleurenblind. Hij is de kleinzoon van een kleurenblinde grootmoeder. In 1965 veroorzaakte hij bijna een ernstig ongeluk door als dienstplichtig militair de startbaan te kruisen waar net een straaljager daalde. De onderste lamp op de startbaan brandde en Meinard had het rode licht als groen geïnterpreteerd. Ongeveer 8% van de mannen in Nederland heeft een afwijking in het kleurenzien, tegen 0,4% van de vrouwen. In vrijwel alle gevallen gaat het om problemen bij het onderscheiden van rood en groen. De genen die hiermee te maken hebben, zijn X-chromosomaal. Afwijkingen in het blauwzien komen zowel bij mannen als vrouwen slechts bij 0,01% voor.

- 1 Heeft Meinard het gen voor kleurenblindheid van zijn grootmoeder via zijn vader of via zijn moeder geërfd? Of is dat uit deze informatie niet te bepalen?
- 2 Welk gegeven uit de tekst maakt het onwaarschijnlijk dat kleurenblindheid voor blauw X-chromosomaal is?

Een roodgroenkleurenziende man en een vrouw die draagster is van een gen voor roodgroenkleurenblindheid vormen een paar. Dit paar verwacht een kind.

- 3 Hoe groot is de kans dat dit kind een zoon is en dat deze zoon roodgroenkleurenblind zal zijn?
- 4 Hoe groot is de kans dat dit kind een dochter is en dat deze dochter roodgroenkleurenziend zal zijn?

**opdracht 29**▼ **Afb. 48** Hypertrichose.

1 meisje



2 jongens

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Overbeharing (hypertrichose) wordt veroorzaakt door een dominant X-chromosomaal allel (H). Een man met hypertrichose en een vrouw zonder deze aandoening willen kinderen krijgen. Welke fenotypen komen voor bij hun zonen en dochters in de  $F_1$  en in welke verhouding?
- 2 Een vrouw die heterozygoot is voor hypertrichose en een man zonder hypertrichose willen kinderen krijgen. Welke fenotypen komen voor in de  $F_1$  en in welke verhouding?
- 3 In vraag 1 en 2 zijn twee verschillende situaties weergegeven van koppels die kinderen willen krijgen waarvan de ene helft van het koppel het hypertrichose-allel bezit. Kun je afleiden dat het meisje van afbeelding 48.1 een kind is van het koppel uit vraag 1 of van het koppel uit vraag 2? En kun je dat afleiden voor de broers van afbeelding 48.2? Leg je antwoord uit.



# 6 Multipele allelen en letale factoren

Tot nu toe hebben we te maken gehad met erfelijke eigenschappen waarvoor telkens twee verschillende allelen bestaan. Voor de haarvorm bijvoorbeeld bestaan twee allelen: een voor steil haar en een voor krullend haar.

## MULTEPELE ALLELEN

Voor sommige erfelijke eigenschappen bestaan drie of meer verschillende allelen. We spreken dan van **multiple allelen**. De bloedgroep bij mensen bijvoorbeeld wordt veroorzaakt door één gen, waarvoor drie allelen bestaan. Twee allelen zijn dominant ( $I^A$  en  $I^B$ ) en één allel is recessief ( $i$ ).

Er zijn vier bloedgroepen: A, B, AB en o. Bij mensen bevatten lichaamscellen twee genen voor de bloedgroep.

De volgende genotypen zijn dan mogelijk:

- $I^A I^A$  en  $I^A i$ : deze personen hebben bloedgroep A;
- $I^B I^B$  en  $I^B i$ : deze personen hebben bloedgroep B;
- $I^A I^B$ : deze persoon heeft bloedgroep AB;
- $ii$ : deze persoon heeft bloedgroep o.

We werken het volgende kruisingsvraagstuk als voorbeeld uit. Een man met bloedgroep o verwekt een kind bij een vrouw met bloedgroep AB. Hoe groot is de kans dat het kind bloedgroep AB heeft?

P  $I^A I^B$  ×  $ii$   
 geslachtscellen  $I^A$  of  $I^B$   $i$

F<sub>1</sub>

	$I^A$	$I^B$
$i$	$I^A i$	$I^B i$
$i$	$I^A i$	$I^B i$

De kans dat het kind bloedgroep AB ( $I^A I^B$ ) heeft, is dus 0%.

### opdracht 30

#### Beantwoord de volgende vragen.

Een man en een vrouw, beiden met bloedgroep AB, krijgen een kind.

- 1 Maak een kruisingsschema van deze kruising.
- 2 Welke bloedgroepen kan het kind hebben?
- 3 Hoe groot is de kans voor elke bloedgroep?

### opdracht 31

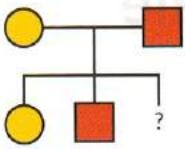
#### Beantwoord de volgende vragen.

De stamboom in afbeelding 49 geeft de overerving weer van bloedgroepen in een familie.

- 1 Wat zijn de genotypen van de ouders?
- 2 Is het mogelijk dat het met ? aangegeven kind bloedgroep o heeft?



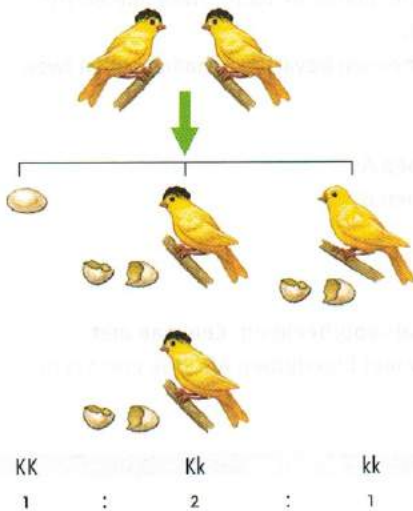
## ▼ Afb. 49



Legenda:

- bloedgroep A  
 bloedgroep B

## ▼ Afb. 50 Nakomelingen van kuifkanaries.



## LETALE FACTOREN

Bij sommige erfelijke eigenschappen komen **letale factoren** voor. Er is dan bij de overerving een gen betrokken dat in homozygote toestand geen levensvatbaar individu oplevert. Als twee geslachtscellen versmelten die beide dezelfde letale factor bevatten, sterft de zygote spoedig. Doordat een deel van de verwachte nakomelingschap niet wordt geboren, treffen we bij de nakomelingen andere verhoudingen in de genotypen en in de fenotypen aan.

We werken het volgende kruisingsvraagstuk als voorbeeld uit. Bij kanaries is het gen voor een kuif (K) dominant over het gen voor het ontbreken van een kuif (k). Het gen K bevat een letale factor, dat wil zeggen kanaries met het genotype KK sterven in een vroeg embryonaal stadium.

Twee kuifkanaries paren met elkaar. Welke fenotypen verwacht je in de  $F_1$  en in welke verhouding?

Kuifkanaries hebben eenmaal het dominante gen K. Omdat het genotype KK geen levensvatbaar individu oplevert, hebben kuifkanaries het genotype Kk. Het kruisingsschema wordt dan:

P                      Kk                      ×                      Kk  
 geslachtscellen    K of k                      K of k

 $F_1$ 

	K	k
K	KK†	Kk
k	Kk	kk

In de  $F_1$  komen de volgende fenotypen voor:

- 67% kuifkanaries (Kk);
- 33% kanaries zonder kuif (kk).

De verhouding van de fenotypen in de  $F_1$  is 2 : 1. Van de gelegde eieren komt ongeveer 25% niet uit (zie afbeelding 50). Deze eieren mag je niet meetellen in de verhouding van fenotypen in de  $F_1$ .

## opdracht 32

Manxkatten (zie afbeelding 51) hebben geen staart. Deze katten hebben een dominant allel (M) voor het ontbreken van de staart. Kattenembryo's die homozygoot zijn voor deze eigenschap, sterven al in een vroeg embryonaal stadium. Twee manxkatten paren met elkaar. Er worden na enkele worpen in totaal 24 jongen geboren.

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Maak een kruisingsschema van deze paring.
- 2 Welke fenotypen komen in de nakomelingschap voor?
- 3 Hoeveel jongen verwacht je voor elk fenotype?

## ▼ Afb. 51





**OVERERVING DIE ANDERS VERLOOPT**

Door een letale factor is de verhouding van de fenotypen anders dan bij een monohybride kruising zonder letale factor. Er zijn meer oorzaken waardoor de overerving anders verloopt dan volgens de wetten van Mendel mag worden verwacht. Door milieufactoren bijvoorbeeld kan een allel bij het ene individu niet tot expressie komen en bij het andere individu met een identiek allelenpaar wel. Bij bepaalde muizen bijvoorbeeld kan door voeding de vachtkleur veranderen van oranjekeurig naar bruin. Je hebt geleerd dat zo'n wijziging in genexpressie die niet veroorzaakt wordt door een verandering in het DNA behoort tot de epigenetica.

Niet alleen de celkern bevat DNA, ook de mitochondriën bevatten een klein ringvormig DNA met een klein aantal genen. Bij deze genen verloopt de overerving ook anders dan de wetten van Mendel. Het **mitochondriaal DNA** erft normaliter uitsluitend over via de vrouwelijke lijn en gaat dus niet via sperma of stuifmeel. De zaadcel bevat wel mitochondriën, maar bij de bevruchting versmelt de kop van de zaadcel met een eicel. De mitochondriën van de zaadcel vlak voor de zweepstaart van de zaadcel dringen meestal niet de eicel binnen. Een eicel bevat wel een groot aantal mitochondriën.

**opdracht 33**

Niet alleen in de kern, maar ook in mitochondriën komt DNA voor. Dit mitochondriale DNA kan, wanneer daarin een mutantgen aanwezig is, een overdraagbare ziekte veroorzaken. Een voorbeeld daarvan is de ziekte van Leber, een ernstige oogaandoening. De ziekte wordt overgedragen van moeder op kind. De wetten van Mendel zijn hierbij niet van toepassing.

- 1 Leg uit waardoor de ziekte van Leber alleen kan worden overgedragen van moeder op kind.
- 2 Met een DNA-test kan de verwantschap tussen familiërelaties worden aangetoond. Hierbij wordt soms ook mitochondriaal DNA gebruikt. Kan met mitochondriaal DNA een relatie tussen vader en dochter worden aangetoond?
- 3 Kan met mitochondriaal DNA een relatie tussen moeder en zoon worden aangetoond?

**Oefenvraagstukken**

Met de opdrachten 34 tot en met 38 kun je controleren of je in staat bent erfelijkheidsvraagstukken op te lossen over de stof die tot nu toe is behandeld. Als je deze oefenvraagstukken hebt opgelost, kun je je antwoorden nakijken met het antwoordenboek.

Kun je bepaalde oefenvraagstukken niet goed oplossen, raadpleeg dan eerst een medeleerling die dit wel kan. Helpt dit niet, raadpleeg dan je docent voordat je verdergaat met de basisstof.

**opdracht 34**

Een man en een vrouw krijgen vier kinderen. Alle vier de kinderen hebben een verschillende bloedgroep.

Leid af welke bloedgroepen de ouders hebben.

**opdracht 35**

Bananenvliegjes met rechte haren worden gekruist met bananenvliegjes met geknakte haren. Alle nakomelingen in de  $F_1$  hebben rechte haren. De  $F_1$ -vliegjes planten zich onderling voort. In de  $F_2$  worden 73 vrouwtjes met rechte haren, 37 mannetjes met rechte haren en 35 mannetjes met geknakte haren aangetroffen. Maak een kruisingsschema van deze kruising.

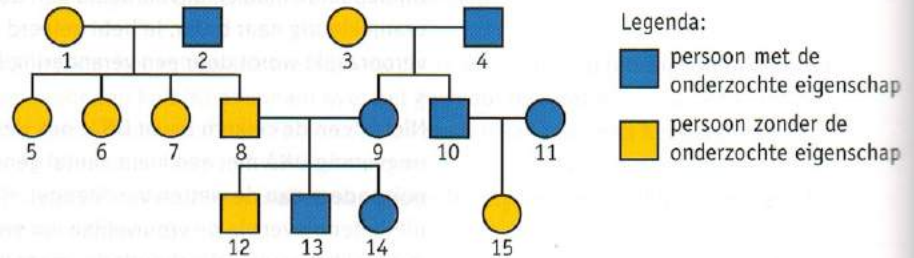


## opdracht 36

In afbeelding 52 is in een stamboom de overerving weergegeven van een bepaalde eigenschap.

- Leid af of deze eigenschap wordt veroorzaakt door een dominant gen of door een recessief gen.
- Leid af of het mogelijk is dat deze eigenschap wordt veroorzaakt door een X-chromosomaal gen.

► Afb. 52



## opdracht 37

▼ Afb. 53 Beenderen van een hand met triphalangiale duim.



In Brabant wonen enkele families waarvan sommige leden (aan elke hand) een afwijkende duim hebben die erg lijkt op een extra wijsvinger. Dit defect wordt veroorzaakt door één enkel gen.

Het begon allemaal met de opletendheid van plastisch chirurg Steven Hovius van het Sophia Kinderziekenhuis in Rotterdam. Het viel Hovius op dat er vaak kinderen in het ziekenhuis werden opgenomen voor chirurgische correctie van een bijzondere afwijking aan de duim. De duimen van de kinderen telden drie in plaats van de gebruikelijke twee kootjes.

Deze afwijking, triphalangiale duim of TPT geheten, komt slechts voor bij 1 op de 25 000 pasgeborenen.

Uit het overervingspatroon valt af te leiden dat een triphalangiale duim wordt veroorzaakt door een autosomaal, dominant gen. Autosomaal wil zeggen dat het gen niet X-chromosomaal is.

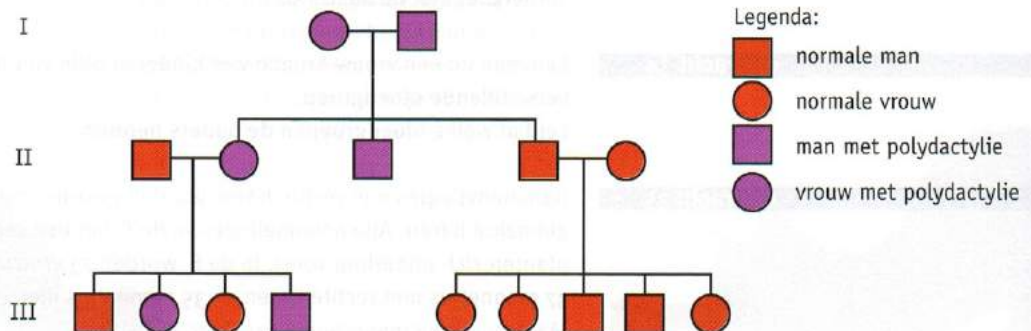
Naar: 'Vijf vingers aan een hand', in: *NRC Handelsblad*, 3 maart 1994.

- 1 Wat zijn, gezien de frequentie van het voorkomen van deze afwijking, de meest waarschijnlijke genotypen van ouders van kinderen met een triphalangiale duim?

Een andere afwijking aan de handen is polydactylie. Bij deze afwijking heeft elke hand naast de duim nog vijf vingers. In de stamboom van afbeelding 54 wordt de overerving van polydactylie binnen een bepaalde familie weergegeven.

- 2 Is het gen voor polydactylie dominant of recessief?
- 3 Is het gen voor polydactylie X-chromosomaal of autosomaal, of is dat met deze stamboom niet te bepalen?

► Afb. 54





## opdracht 38

Myotone dystrofie is een erfelijke spierziekte die even vaak voorkomt bij mannen als bij vrouwen. Kinderen van wie een van de ouders de ziekte heeft, hebben een risico van vijftig procent om de aandoening te erven. Kenmerkende verschijnselen zijn het vertraagd ontspannen van spieren en een langzaam toenemende spierzwakte. Behalve de spieren kan ook een aantal organen klachten geven. Bovendien kan er sprake zijn van futloosheid en een verhoogde behoefte aan slaap. Bij kinderen kan myotone dystrofie leiden tot leer- en gedragsproblemen. Genezing is niet mogelijk. Wel kan worden geprobeerd de gevolgen van de ziekte draaglijk te maken en complicaties te voorkomen. Er zijn vier typen myotone dystrofie, die verschillen in de leeftijd waarop de ziekte zichtbaar wordt en in de aard van de verschijnselen. In tabel 2 zijn de hoofdkenmerken van de vier typen van myotone dystrofie gegeven.

▼ **Tabel 2** De vier typen van myotone dystrofie.

Type	Vroege symptomen	Late symptomen
1 Mild (zichtbaar na 50 <sup>e</sup> jaar)	staar, vertraagde ontspanning van spieren na aanspannen	lichte spierzwakte
2 Klassiek (ontwikkelt zich tussen 14-50 jaar)	vertraagde ontspanning van spieren na aanspannen, spierzwakte	ernstige spierzwakte, staar, lusteloosheid, orgaanstoornissen
3 Kindervorm (ontwikkelt zich tussen 1-14 jaar)	leerproblemen, spraakproblemen, darmklachten	als bij het klassieke type
4 Aangeboren (bij de geboorte al zichtbaar)	verlaagde spierspanning, ademhalingsproblemen, slikproblemen, klompvoeten	als bij het klassieke type

- 1 Erft myotone dystrofie X-chromosomaal over? Leg je antwoord uit.
- 2 Is het gen dat myotone dystrofie veroorzaakt dominant of recessief? Leg je antwoord uit.

Een vrouw is voor de tweede keer zwanger. Haar eerste kind, een zoon, is gezond, hoewel zijn ontwikkeling wat traag verloopt. Hij is nu 6 jaar oud en kan in het gewone basisonderwijs niet meekomen; sinds kort volgt hij speciaal onderwijs. Uit de tweede zwangerschap wordt een dochter geboren. De eerste testresultaten op de gezondheid zijn in orde, maar de baby haalt niet goed adem en komt in de couveuse terecht. Ook het drinken gaat moeizaam en het meisje krijgt gedurende drie weken kunstmatige voeding. De kinderarts constateert dat zij slap is en dat zij myotone dystrofie heeft. Beide ouders lijken op het eerste gezicht geen klachten van deze aandoening te hebben. Toch blijkt de vrouw bij onderzoek een expressielos gelaat te hebben en een zwakte van de handspieren. Door een verminderde kracht in de kuitspieren is zij ook niet in staat om op de hakken te lopen. Als je haar een stevige hand geeft, kan ze moeilijk loslaten. Er wordt vastgesteld dat de vrouw myotone dystrofie heeft.

- 3 Aan welk type myotone dystrofie zal zij naar alle waarschijnlijkheid lijden?

Ook bij de zoon wordt de diagnose myotone dystrofie gesteld. In dit gezin hebben nu drie van de vier gezinsleden deze ziekte. Het is verstandig de broers en zussen van deze vrouw op de hoogte te brengen van deze erfelijke aandoening.

- 4 Geef een biomedisch argument waarom het verstandig is om de broers en zussen van de vrouw in te lichten over haar ziekte.



# 7 Gekoppelde genen

▼ **Afb. 55** Ligging van genen bij een dihybride kruising.



1 bij onafhankelijke overerving



2 bij gekoppelde overerving

In dit thema zijn steeds monohybride kruisingen behandeld waarbij slechts wordt gelet op de overerving van één eigenschap. Je kunt ook kruisingen uitvoeren waarbij twee genen zijn betrokken. Je hebt geleerd dat bij een dihybride kruising wordt gelet op de overerving van twee erfelijke eigenschappen. Hierbij zijn twee genenparen betrokken. De twee genenparen kunnen in verschillende chromosomenparen liggen. We spreken dan van **onafhankelijke overerving**.

De twee genenparen kunnen echter ook in hetzelfde chromosomenpaar liggen (zie afbeelding 55). Bij zo'n dihybride kruising is dan slechts één chromosomenpaar betrokken. De allelen die in hetzelfde chromosoom liggen, erven gezamenlijk over. We spreken dan van **gekoppelde overerving**.

We werken het volgende kruisingsvraagstuk als voorbeeld uit. Bij bananenvliegjes is het gen voor grijze lichaamskleur (G) dominant over het gen voor zwarte lichaamskleur (g). Het gen voor normale vleugels (N) is dominant over dat voor vleugelstompjes (n). De genen voor lichaamskleur en vleugelvorm liggen in hetzelfde chromosomenpaar.

Een grijs vrouwtje met normale vleugels, dat voor beide eigenschappen homozygoot is, wordt gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes (zie afbeelding 56). Een vrouwtje in de F<sub>1</sub> wordt verder gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes. Wat verwacht je voor fenotypen in de nakomelingschap en in welke verhouding?

De genotypen van de ouders zijn GGNN en ggnn. Het genotype van een vlieg in de F<sub>1</sub> is GgNn. Bij de moeder liggen de genen G en N in hetzelfde chromosoom. Bij de vader liggen de genen g en n in hetzelfde chromosoom. De koppeling geven we aan door het chromosomenpaar waarin de genen liggen schematisch weer te geven.

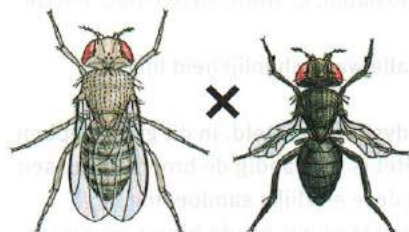
Het genotype van de moeder geven we weer door  $\frac{GN}{GN}$

Het genotype van de vader geven we weer door  $\frac{gn}{gn}$

Een eicel van de moeder geven we weer door  $\frac{GN}{gn}$ , een zaadcel van de vader door  $\frac{gn}{GN}$ . Het genotype van de F<sub>1</sub>-vliegjes is dan:  $\frac{GN}{gn}$

Vrouwtjes in de F<sub>1</sub> kunnen twee typen eicellen produceren: eicellen met  $\frac{GN}{gn}$  en eicellen met  $\frac{gn}{GN}$ . Het kruisingschema wordt dan:

▼ **Afb. 56**



1 grijs vrouwtje met normale vleugels

2 zwart mannetje met vleugelstompjes

$$\begin{array}{l}
 P \quad \frac{GN}{GN} \quad \times \quad \frac{gn}{gn} \\
 \text{geslachtscellen} \quad \frac{GN}{gn} \quad \text{en} \quad \frac{gn}{GN} \\
 F_1 \quad \frac{GN}{gn}
 \end{array}$$



Een vrouwtje in de  $F_1$  wordt verder gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes.

$$\frac{GN}{gn} \quad \times \quad \frac{gn}{gn}$$

geslachtscellen       $\underline{GN}$  of  $\underline{gn}$                    $\underline{gn}$

$F_2$

	$\underline{GN}$	$\underline{gn}$
$\underline{gn}$	$\frac{GN}{gn}$	$\frac{gn}{gn}$

In de nakomelingschap van de  $F_2$  komen de volgende fenotypen voor:

- 50% grijze vliegen met normale vleugels;
- 50% zwarte vliegen met vleugelstompjes.

De volgende fenotypen komen bij de nakomelingen niet voor:

- grijze vliegen met vleugelstompjes;
- zwarte vliegen met normale vleugels.

Bij onafhankelijke overerving zou je deze fenotypen wel in de nakomelingschap verwachten. Wanneer bij grote aantallen nakomelingen dergelijke verwachte fenotypen ontbreken, kun je hieruit afleiden dat er van gekoppelde overerving sprake is.

#### opdracht 39

Bij een diersoort is het allel voor langharigheid (A) dominant over het allel voor kortharigheid (a). Het allel voor rechtopstaande oren (B) is dominant over dat voor hangende oren (b). Deze eigenschappen erven gekoppeld over.

Een langharig vrouwtje met hangende oren wordt gekruist met een kortharig mannetje met rechtopstaande oren. De dieren zijn homozygoot voor beide eigenschappen. De dieren in de  $F_1$  paren onderling.

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Maak een kruisingsschema van deze kruising. Geef de genotypen schematisch (met chromosomen) weer.
- 2 Welke genotypen komen voor in de  $F_2$ ?
- 3 Welke fenotypen komen voor in de  $F_2$  en in welke verhouding?

#### opdracht 40

Een plant met gele bloemen en pijlvormige bladeren wordt gekruist met een plant met witte bloemen en ovale bladeren. De  $F_1$ -planten worden onderling bestoven. In de  $F_2$  komen 39 planten voor: 28 planten met gele bloemen en pijlvormige bladeren en 11 planten met witte bloemen en ovale bladeren.

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welk gen voor de bloemkleur is dominant? En welk gen voor de bladvorm?
- 2 Is hier sprake van gekoppelde of van onafhankelijke overerving?
- 3 Wat zijn de genotypen van de ouderplanten?



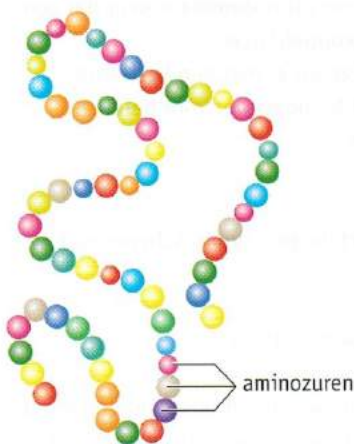
# 8 Moleculaire erfelijkheid

In de vorige basisstoffen heb je vooral gekeken naar erfelijkheid op het niveau van organismen. In de laatste twee basisstoffen kijken we wat er op moleculair niveau gebeurt. Je haarkleur en je oogkleur zijn erfelijke eigenschappen waarvan de code ligt opgeslagen in de genen. Deze eigenschappen komen tot uiting in je fenotype doordat onder invloed van bepaalde enzymen pigmenten worden gevormd in het haar of in de iris van je ogen. Deze enzymen worden in de cellen geproduceerd.

**Enzymen** zijn eiwitten.

Een eiwitmolecuul bestaat uit een groot aantal aan elkaar gekoppelde **aminozuren** (zie afbeelding 57.1). Er komen twintig verschillende aminozuren voor in je lichaam. De lengte van de aminozuurketen en de volgorde van de aminozuren bepaalt de vorm van het eiwit. De vorm bepaalt de functie van het eiwit (zie afbeelding 57.2). Eiwitten kunnen vele functies hebben (zie afbeelding 57.3). De eigenschappen en de werking van een eiwit worden bepaald door het aantal aminozuren waaruit een eiwitmolecuul bestaat en de volgorde waarin de verschillende aminozuren voorkomen in het eiwitmolecuul. In thema 2 Cellen is behandeld dat de synthese van enzymen en andere eiwitten plaatsvindt in de ribosomen. Daar worden aminozuren aan elkaar gekoppeld in een specifieke volgorde. De code voor deze aminozuurvolgorde ligt opgeslagen in het DNA van de chromosomen in de celkern. In afbeelding 57 is de bouw van een chromosoom met DNA schematisch getekend.

▼ **Afb. 57** Erfelijke eigenschappen worden vooral bepaald door de synthese van eiwitten.



1 eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren, de volgorde hiervan wordt bepaald door DNA



2 de aminozuurvolgorde bepaalt de vorm van eiwitten, de vorm van eiwitten bepaalt hun functie



defensie: gif



transport van zuurstof:  
rode bloedcel



beweging:  
opbouw van spieren

3 het fenotype wordt zichtbaar door de functies van eiwitten



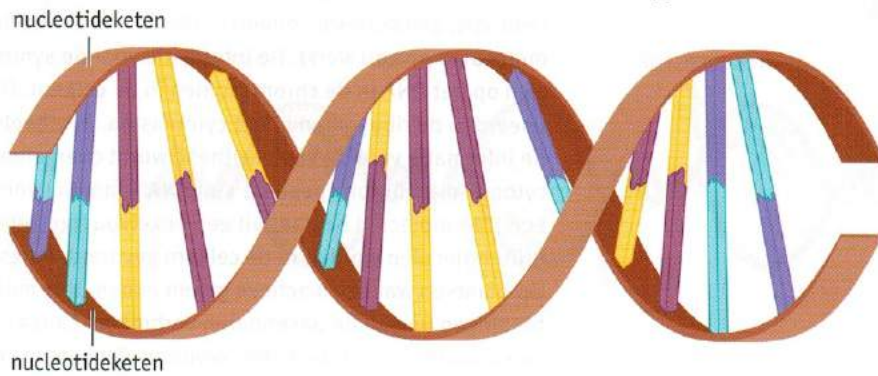
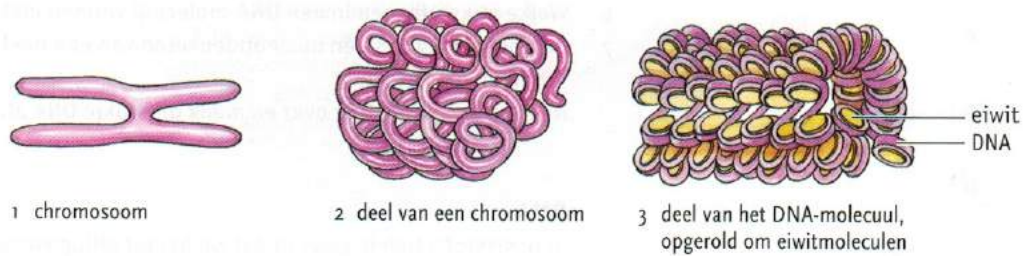
**DNA**

Een chromosoom bevat één zeer lang molecuul van de stof **DNA (desoxyribonucleïnezuur;** de A komt van het Engelse acid = zuur). Verder bevat een chromosoom veel eiwitmoleculen. Het DNA-molecuul ligt opgerold om eiwitmoleculen. Het geheel van DNA- en eiwitmoleculen is verder spiraalsgewijs opgevouwen (zie afbeelding 58.3).

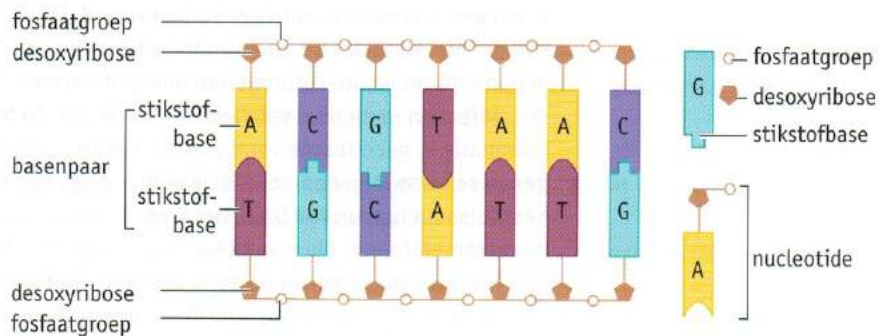
Een DNA-molecuul bestaat uit twee ketens die in een **dubbele spiraal** om elkaar heen gewonden liggen (zie afbeelding 58.4). Je hebt geleerd dat DNA is opgebouwd uit vier verschillende bouwstenen. Deze bouwstenen worden **nucleotiden** genoemd. Elke DNA-keten bestaat uit vele duizenden aan elkaar gekoppelde nucleotiden. Een nucleotide bestaat uit een **fosfaatgroep, desoxyribose** en een **stikstofbase** (zie afbeelding 58.5).

In een DNA-molecuul komen vier verschillende stikstofbasen voor: **adenine (A), thymine (T), cytosine (C)** en **guanine (G)**. De stikstofbasen van de twee ketens zijn met elkaar verbonden. Ze vormen vaste paren (**basenparing**). Adenine is steeds met thymine verbonden, en cytosine steeds met guanine. Je hebt geleerd dat de volgorde van de bouwstenen van het DNA, de DNA-sequentie wordt genoemd.

► **Afb. 58** De bouw van een chromosoom met DNA (schematisch).



4 een DNA-molecuul is opgebouwd uit twee ketens, die in een dubbele spiraal om elkaar heen liggen



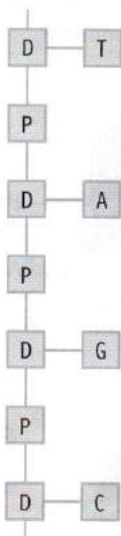
5 een DNA-molecuul bestaat uit twee ketens van aan elkaar gekoppelde nucleotiden



Met de **DNA-sequentie** wordt de volgorde van de vier stikstofbasen bedoeld. Een chromosoom bevat een groot aantal genen. Eén gen (zoals het gen voor de oogkleur) bestaat uit honderden nucleotiden. De stikstofbasen in een gen zijn in een specifieke volgorde gerangschikt (DNA-sequentie). In deze DNA-sequentie kunnen variaties voorkomen. Zo bevat het allel voor bruine oogkleur een andere DNA-sequentie van stikstofbasen dan het allel voor blauwe oogkleur. Onder invloed hiervan wordt bij iemand met bruine ogen in de iris een ander enzym gesynthetiseerd dan bij iemand met blauwe ogen. Het ene enzym veroorzaakt de synthese van een bruin pigment in de iris, het andere enzym de synthese van een blauw pigment.

## opdracht 41

▼ **Afb. 59** Stukje nucleotidenketen van DNA (schematisch).

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Hoe is een eiwitmolecuul opgebouwd?
- 2 Waaruit bestaat een chromosoom?
- 3 Hoe is een DNA-molecuul opgebouwd?
- 4 Waaruit bestaat een nucleotide van een DNA-molecuul?
- 5 Op welke manier is de informatie voor erfelijke eigenschappen vastgelegd in DNA-moleculen?
- 6 Welke stikstofbasen in een DNA-molecuul vormen met elkaar vaste paren?
- 7 In afbeelding 59 is één nucleotidenketen van een deel van een DNA-molecuul schematisch getekend.

Neem deze afbeelding over en maak dit stukje DNA af.

**RNA**

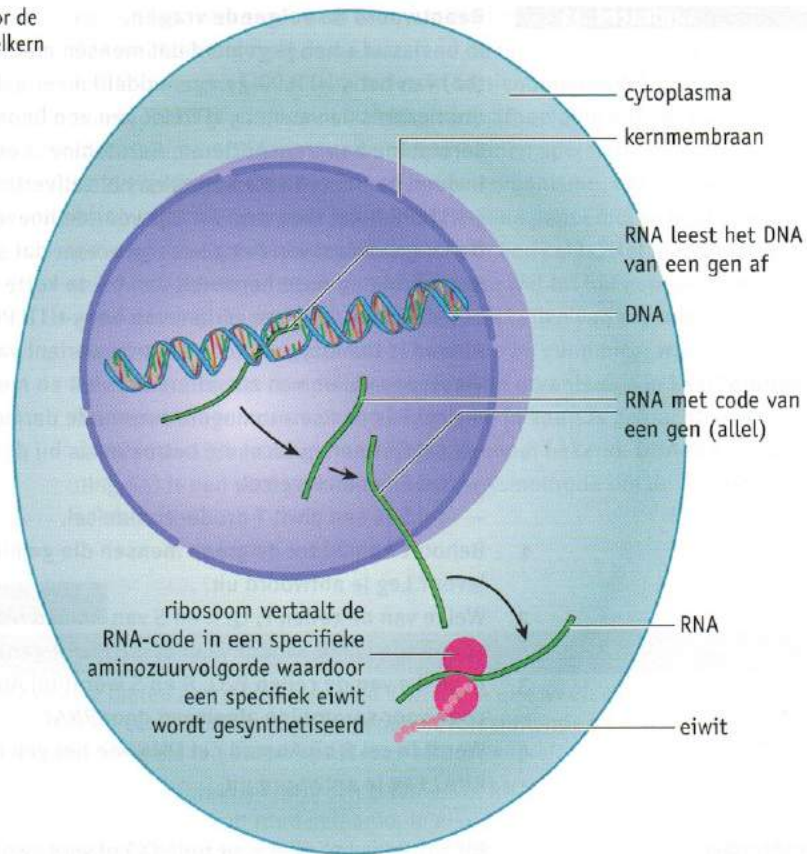
In basisstof 2 heb je geleerd dat we het tot uiting komen van een gen in het fenotype, genexpressie noemen. Hierna wordt uitgelegd hoe genexpressie op moleculair niveau werkt. De informatie voor de synthese van eiwitten bevindt zich op het DNA in de chromosomen in de celkern. De eiwitten worden gesynthetiseerd in de ribosomen in het cytoplasma. In afbeelding 60 is weergegeven hoe de informatie voor de eiwitsynthese wordt overgebracht van de celkern naar het cytoplasma. Hierbij speelt de stof **RNA** (ribonucleïnezuur) een belangrijke rol. Een RNA-molecuul bestaat uit een enkelvoudige keten van nucleotiden.

RNA-moleculen worden in de celkern gevormd, langs delen van een DNA-molecuul. Op plaatsen waar zich actieve genen in een DNA-molecuul bevinden, worden de bindingen tussen de basenparen verbroken. Langs een van beide ketens wordt een nieuwe nucleotidenketen gevormd. Dit kan op verschillende plaatsen in een DNA-molecuul tegelijkertijd gebeuren (zie afbeelding 61).

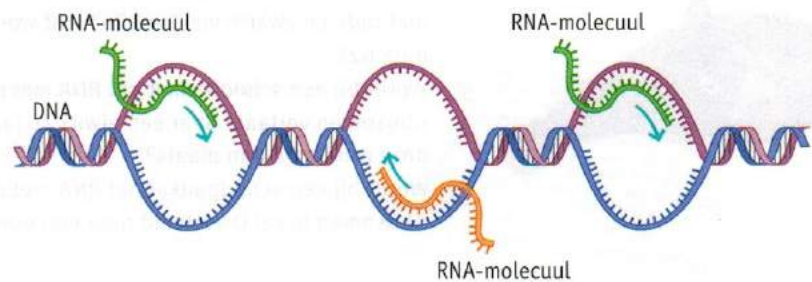
Bij de vorming van RNA wordt in een deel van een DNA-molecuul langs slechts één keten een nieuwe nucleotidenketen gevormd. Elk RNA-molecuul bevat een afschrift van de informatie uit dit deel van het DNA-molecuul. De volgorde van stikstofbasen in een RNA-molecuul vertoont dan ook grote overeenkomst met de volgorde van stikstofbasen in dit deel van het DNA-molecuul. Zo bevat ook een RNA-molecuul informatie in gecodeerde vorm over de synthese van een eiwit. Deze code wordt de **genetische code** genoemd. Als de vorming van een RNA-molecuul is voltooid, laat het molecuul los van het DNA. Het RNA-molecuul verlaat de celkern via poriën in het kernmembraan. Als een RNA-molecuul bij een ribosoom aankomt, kan het daar de synthese van een eiwit op gang brengen. Met behulp van het ribosoom wordt de RNA-code vertaald naar een specifieke aminozuurvolgorde, met een specifiek eiwit als gevolg (zie afbeelding 60).



- **Afb. 60** RNA brengt de informatie voor de eiwitsynthese over van het DNA in de celkern naar de ribosomen in het cytoplasma.



- **Afb. 61** Gelijktijdige vorming van verschillende RNA-moleculen.



In de cellen van je iris is het gen voor een blauwe oogkleur ingeschakeld. Daardoor wordt in je irisellen het DNA met de code voor je oogkleur afgelezen door RNA. Het RNA met informatie in gecodeerde vorm gaat naar het cytoplasma van je irisellen. Door de ribosomen van het cytoplasma van je irisellen wordt dit RNA vertaald naar een enzym dat de aanmaak van een blauwe oogkleur katalyseert. Het gen voor blauwe oogkleur is in de irisellen tot expressie gekomen. In andere cellen buiten het oog komt dit gen niet tot expressie.

#### opdracht 42

Beschrijf de functie van RNA in een cel. Je kunt ook een schema maken of een tekening waarbij je woorden schrijft.

Gebruik deze woorden: *aminozuren – cytoplasma – DNA – eiwit – ingeschakeld – allel – kernmembraan – ribosoom – RNA.*



## opdracht 43

## Beantwoord de volgende vragen.

In basisstof 1 heb je geleerd dat mensen met twee kopieën van de lange variant (bb) van het 5-HTTLPR-gen gemiddeld meer geluk ervaren. Uit onderzoek blijkt dat door expressie van het 5-HTTLPR-gen een bepaald eiwit T wordt geproduceerd dat serotonine kan transporteren. Serotonine is een hormoon dat onder andere invloed heeft op de stemming en het zelfvertrouwen van mensen. Het gen 5-HTTLPR blijkt verantwoordelijk voor de hoeveelheid en activiteit van serotonine. De lange variant van het gen zorgt ervoor dat serotonine beter kan worden hergebruikt in onze hersenen dan bij de korte variant het geval is. Bij mensen is het allel voor de lange variant van het 5-HTTLPR-gen (b) recessief.

Ahmad is homozygoot voor de lange variant van dit gen.

Vier typen cellen van zoogdieren als kat en mens zijn:

- cel P is een serotonineproducerende darmcel;
- cel Q is een huidcel die betrokken is bij de haarproductie;
- cel R is een levercel;
- cel S is een eiwit T-producerende cel.

- 1 Behoort Ahmad tot de groep mensen die gemiddeld meer geluk ervaren in hun leven? Leg je antwoord uit.
- 2 Welke van de cellen P, Q, R en S van Ahmad bevatten het gen met de DNA-code voor b (de lange variant van het 5-HTTLPR-gen)?
- 3 In welke van de cellen P, Q, R en S wordt bij Ahmad het DNA van het gen met de code voor serotonine afgelezen door RNA?
- 4 Wordt in cel S bij Ahmad het DNA van het gen met de code voor b afgelezen door RNA? Leg je antwoord uit.

## ▼ Afb. 62 Schildpadkat.



Bij katten is het allel voor rode ( $X^1$ ) of voor zwarte ( $X^2$ ) vacht kleur X-chromosomaal. Een kat die heterozygoot is voor de vacht kleur, heeft een intermediair fenotype met rode en zwarte vlekken. Zo'n kat wordt 'schildpadkat' genoemd (zie afbeelding 62).

- 5 Wordt bij een schildpadkat het RNA met de gecodeerde vorm van  $X^1$  door de ribosomen vertaald naar een eiwit? Zo ja, in welke van de cellen P, Q, R en S vindt deze productie dan plaats?
- 6 Wordt bij een schildpadkat het RNA met de gecodeerde vorm van  $X^2$  door de ribosomen in cel Q vertaald naar een eiwit?

## GENOOM

Uit onderzoek blijkt dat de mens in het bezit is van ongeveer twintigduizend genen. Slechts enkele procenten van het DNA van de mens coderen voor eiwitmakende

## ▼ Afb. 63

### Niet-coderend DNA regelt groot verschil in fenotype

De Amerikaanse onderzoeker Akey van de Universiteit van Washington toonde met zijn onderzoeksgroep aan dat de DNA-sequenties van coderend DNA van tien hondenrassen die grote

verschillen in hun fenotype vertoonden, vrijwel identiek zijn. Bovendien toonden ze aan dat niet-coderend DNA aan de basis staat van de rimpelige huid die bij sommige varianten van het hondenras Sharpei voorkomt, zoals in de afbeelding is te zien. Akey ontdekte dat het niet-coderend DNA een regulerende functie heeft bij het tot uiting komen van de rimpelige huid van de Sharpei.





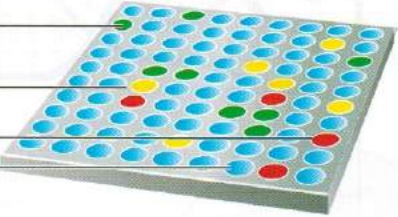
genen. Een zeer groot deel van het DNA bestaat dus uit **niet-coderend DNA**, ook wel junk-DNA genoemd, waarvan de functie nog niet goed wordt begrepen. Gebleken is dat kleine verschillen in niet-coderend DNA grote verschillen in het fenotype tot gevolg kunnen hebben (zie afbeelding 63). Men vermoedt daarom dat niet-coderend DNA een grote rol zou kunnen spelen bij evolutie.

De complete set DNA in een cel van een organisme, het coderend en niet-coderend DNA, wordt het **genoom** van een organisme genoemd. Je hebt geleerd dat het genotype het totale pakket aan genen in een cel is. Het niet-coderend DNA wordt dus niet tot het genotype gerekend, maar wel tot het genoom. **Genomica** (Engels: **genomics**) is de studie van genomen van cellen van organismen. DNA-sequencing is een veelgebruikte onderzoeksmethode bij genomica, waarbij men de nucleotidenvolgorde van complete genomen van organismen in kaart probeert te brengen. Wanneer het genoom van een organisme in kaart is gebracht, is daarmee nog niets van de functie van de genen van het genoom bekend. DNA-microarray (zie afbeelding 64) is een veel gebruikte onderzoeksmethode om de functie van genen te achterhalen.

▼ Afb. 64

**BIOLOGISCHE TECHNIEK**

**DNA-MICROARRAY (DNA-CHIP)**

<b>Doel</b>	De genexpressie is af te meten aan de hoeveelheid RNA die in een weefsel wordt gevonden. Met een DNA-microarray wordt de genexpressie van alle genen in verschillende weefsels onderzocht en met elkaar vergeleken. Bijvoorbeeld in gezond weefsel en tumorweefsel.
<b>Werkwijze</b>	De RNA's uit twee verschillende weefsels worden geïsoleerd. RNA uit gezond weefsel wordt groen gelabeld. RNA uit tumorweefsel wordt rood gelabeld. In elke cel van een chip (zie Resultaat) ligt een stukje DNA van een bepaald gen. Een oplossing met RNA uit de twee onderzochte weefsels wordt over de chip gegoten. Elk RNA van deze twee weefsels hecht zich aan het bijbehorende DNA. Zo wordt in elk weefsel zichtbaar welke genen tot expressie komen.
<b>Resultaat</b>	<p>groen: genexpressie alleen in gezond weefsel</p> <p>geel: genexpressie in beide weefsels</p> <p>rood: genexpressie alleen in tumorweefsel</p> <p>blauw: niet-actief gen</p> 

**opdracht 44**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Behoort het DNA dat aan de basis staat van de rimpelige huid van de Sharpei tot het genotype van dit dier? Leg je antwoord uit.
- 2 En behoort het DNA dat aan de basis staat van de rimpelige huid van de Sharpei tot het genoom van dit dier? Leg je antwoord uit.
- 3 Leg uit dat men met DNA-microarray kan achterhalen welke genen een rol spelen bij kanker.

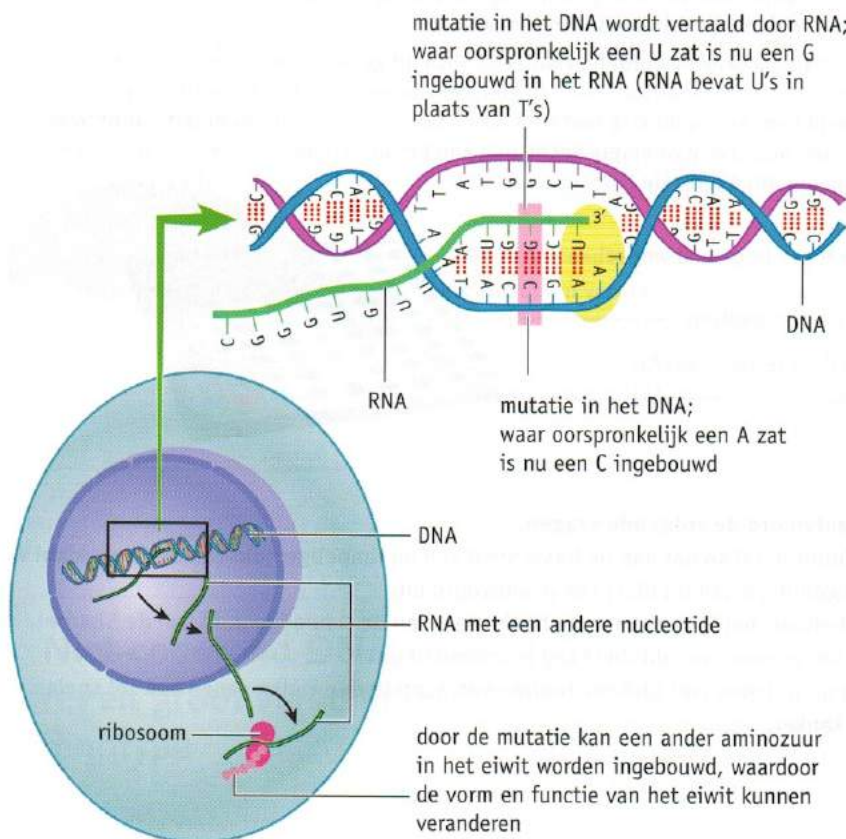


# 9 Mutaties

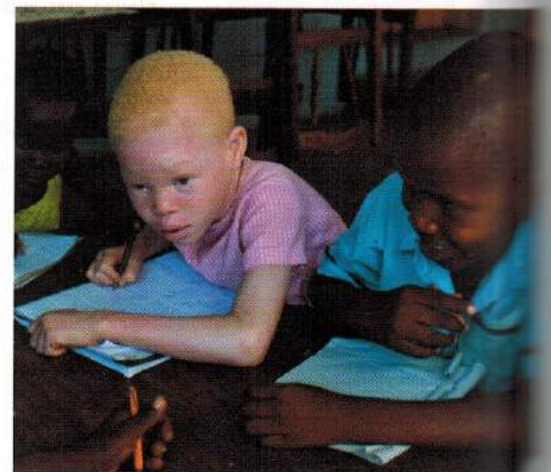
DNA-moleculen zijn kwetsbaar: ze kunnen beschadigingen oplopen, bijvoorbeeld bij de celdeling, wanneer het DNA wordt gekopieerd. Meestal wordt zo'n beschadiging weer hersteld onder invloed van speciale enzymen. Maar soms wordt een verandering in het DNA niet ongedaan gemaakt. De volgorde in het DNA is dan blijvend gewijzigd. Ook in RNA-moleculen kunnen veranderingen in de stikstofbasenvolgorde optreden. In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat een verandering van het DNA een mutatie heet. In deze basisstof formuleren we het preciezer: een verandering in de stikstofbasenvolgorde van het DNA of RNA wordt een **mutatie** genoemd. Als gevolg van een mutatie in het DNA wordt de mutatie doorgegeven aan het RNA en kan een ander aminozuur worden ingebouwd. Daardoor kunnen de vorm en functie van het eiwit veranderen (zie afbeelding 65). Eiwitten bepalen het fenotype van een organisme.

Mutaties kunnen in elke cel plaatsvinden. Verreweg het grootste deel van het DNA in een cel is niet-coderend DNA. Een mutatie in niet-coderend DNA heeft vaak geen grote gevolgen. Een mutatie in een lichaamscel komt meestal alleen tot uiting als deze optreedt in een ingeschakeld gen. De gevolgen blijven dan vaak beperkt

## ▼ Afb. 65



1 mutatie: van DNA tot eiwit



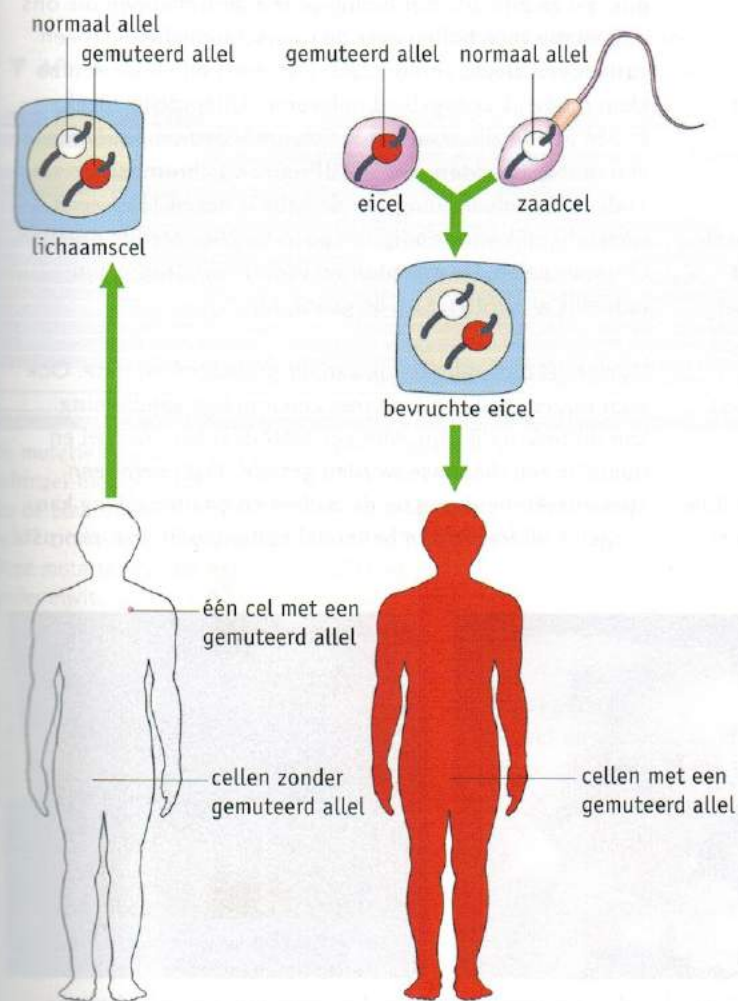
2 eiwitten bepalen het fenotype: door een mutatie is het enzym tyrosinase (eiwit) onwerkzaam geworden, waardoor bij mensen met albinisme geen melanine (pigment) kan worden gevormd



tot alleen die cel waarin de mutatie is opgetreden. Mutaties in lichaamscellen hebben dan ook meestal geen grote uitwerking, behalve wanneer de verandering bijvoorbeeld leidt tot ongecontroleerde groei en kanker kan veroorzaken. Maar als een mutatie optreedt in een eicelmoeder cel, een zaadcelmoeder cel, een eicel, een zaadcel, een zygote of een cel van een embryo, kan de mutatie wel een grote uitwerking hebben (zie afbeelding 66). Als bijvoorbeeld bij de bevruchting een geslachtscel een gemuteerd gen bevat, zullen alle cellen van de nakomeling dit gemuteerde gen bevatten. De meeste gemuteerde genen zijn recessief. Hierdoor komen de meeste mutaties niet tot uiting in het fenotype. Ook wanneer mutaties plaatsvinden in genen die uitgeschakeld zijn en blijven, zal de mutatie niet tot uiting komen in het fenotype. Tot slot leidt niet elke mutatie tot het inbouwen van een ander aminozuur of tot een ander eiwit. Ook dan komt de mutatie niet tot uiting in het fenotype.

Door mutaties ontstaan nieuwe erfelijke eigenschappen zoals erfelijke ziekten, nieuwe vachtkleuren of nieuwe bloemvormen. Je hebt geleerd dat bij geslachtelijke voortplanting door recombinatie genetische variatie ontstaat. Ook door mutaties ontstaat genetische variatie (zie afbeelding 67). In thema 5 Evolutie gaan we hier verder op in.

▼ Afb. 66



► Afb. 67

### Snelheid van menselijke mutatie vastgesteld

AMSTERDAM – Als een mens zijn DNA doorgeeft aan een volgende generatie, treden er gemiddeld honderd tot tweehonderd mutaties op. Dat heeft een internationaal team wetenschappers vastgesteld. De wetenschappers van instituten over de hele wereld onderzochten genen op het Y-chromosoom van twee Chinese mannen. Het Y-chromosoom wordt alleen doorgegeven van man op man. De twee proefpersonen deelden een gezamenlijke mannelijke voorouder die in 1805 was geboren. In theorie zou het Y-chromosoom van de mannen dus identiek moeten zijn. Maar toch bleken hun genen enigszins te verschillen. Uit het aantal verschillen blijkt volgens de onderzoekers dat er gemiddeld tweehonderd mutaties per generatie optreden in ons DNA. Het DNA van ieder mens bevat dus een flink aantal mutaties. Het DNA van twee gezonde mensen verschilt gemiddeld op enkele miljoenen plaatsen van elkaar. Toch komt ongeveer 99,9% van de DNA-sequentie van twee willekeurige mensen met elkaar overeen.

Naar: Dennis Rijnvis, [www.nu.nl](http://www.nu.nl).

1 mutatie in een lichaamscel

2 mutatie in een geslachtscel



# MUTATIE IN GEN VAN SCHINZEL-GIEDION-PATIËNTEN ONTDEKT

Rick de Reuver volgde de hbo-studie Bio-informatica aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN). Tijdens zijn stage werkte hij samen met onderzoekers van het UMC Radboud Nijmegen. De onderzoeksgroep onderzocht het genoom van patiënten met de ernstige ziekte Schinzel-Giedion-syndroom. Kinderen met het Schinzel-Giedion-syndroom zijn verstandelijk gehandicapt, hebben een typische schedelvorm, botafwijkingen en hartproblemen. De ziekte blijkt bijzonder: ouders van de patiënt zijn geen dragers van het gedefect, maar de mutatie ontstaat waarschijnlijk pas in de zaad- of eicellen van deze ouders. Via de geslachtscellen komt het dominante gen terecht in hun kind. Door de ernstige symptomen van de ziekte worden Schinzel-Giedion-patiënten vaak niet ouder dan 10 jaar. Daardoor zullen deze patiënten zelf nooit kinderen krijgen en is genetisch onderzoek op basis van stamboomgegevens dus niet mogelijk.

## ▼ Afb. 68



1 Rick de Reuver

Rick maakte gebruik van een nieuwe techniek: Next Generation Sequencing (NGS). Met behulp van deze techniek werd de DNA-sequentie van Schinzel-Giedion-patiënten in kaart gebracht en vergeleken met die van gezonde mensen.

Rick legt uit: 'Voor elke patiënt leverde dat een tekstbestand op met meer dan honderd miljoen DNA-sequenties van elk vijftig nucleotiden lang. Door deze

te vergelijken met het genoom van een gezond persoon, vonden we ongeveer veertigduizend verschillen in genen per patiënt. Maar welke DNA-variantie is nu verantwoordelijk voor Schinzel-Giedion? Om dat te achterhalen, ontwikkelden wij programma's die gebruikmaken van selectiecriteria gebaseerd op biologische principes.

Een voorbeeld van een dergelijk principe is: de mutatie in het DNA moet leiden tot een verandering in de aminozuurvolgorde (en daarmee ook in het eiwit). Lang niet alle mutaties in het DNA doen dat namelijk. Dit is een eerste selectie criterium. Een ander principe heeft daarmee te maken: nucleotiden die door de evolutie heen nauwelijks zijn veranderd, zullen met een grote waarschijnlijkheid een belangrijke functie hebben. Wanneer zo'n nucleotide wel muteert, is de kans groot dat dit gevolgen heeft voor het functioneren van het eiwit. Een tweede selectie criterium dus. En zo zijn er meer biologische eigenschappen die ons informatie verschaffen over de waarschijnlijkheid dat een variant een ziekte veroorzaakt. Dat moet bij elkaar een zo klein mogelijk zoekgebied opleveren. Uiteindelijk bleek er één gen te zijn waarin alle Schinzel-Giedion-patiënten een mutatie hadden: het SETBP1-gen op chromosoom 18. Tijdens de ontwikkeling van de baby is het SETBP1-eiwit waarschijnlijk vaak nodig om goed functionerende organen te ontwikkelen. De symptomen van het syndroom zijn namelijk al zichtbaar bij de geboorte.'

'Toch heel bijzonder dat ik aan dit project meewerkte. Ook voor ouders van een kind met een ernstige aandoening kan dit belangrijk zijn. Met een DNA-test kan nu snel en duidelijk een diagnose worden gesteld. Dat neemt een stuk onzekerheid weg bij de ouders en de ontdekking kan mogelijk bijdragen aan behandelmethoden in de toekomst.'



2 DNA Next Generation Sequence-apparaat



3 baby met het Schinzel-Giedion-syndroom



4 een bio-informaticus gebruikt software en krachtige rekenclusters



## opdracht 45

## Beantwoord de volgende vragen.

- In afbeelding 66 zie je twee typen mutaties. Welk type mutatie vindt plaats bij Schinzel-Giedion-patiënten?
- In de basisstof worden vijf redenen genoemd waardoor mutaties meestal geen grote uitwerking hebben. De mutatie van het SETBP1-gen bij Schinzel-Giedion-patiënten heeft wel een grote uitwerking, omdat de mutatie plaatsvindt in een gen. Dit gen blijkt bovendien ingeschakeld tijdens de embryonale ontwikkeling. Noem nog drie redenen waarom de mutatie van het SETBP1-gen bij Schinzel-Giedion-patiënten een grote uitwerking heeft.
- In de context lees je dat Rick veertigduizend verschillen in het DNA ontdekte tussen gezonde mensen en Schinzel-Giedion-patiënten. Zijn al deze verschillen in het DNA zichtbaar in het fenotype?

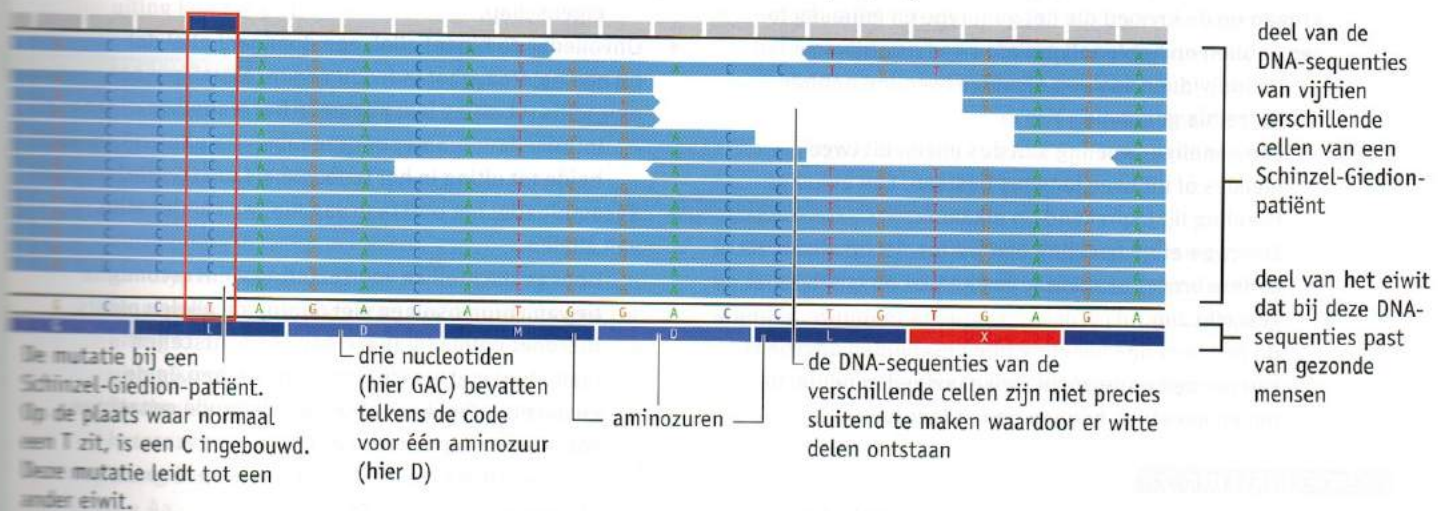
Beantwoord vraag 4 en 5 met behulp van afbeelding 69.

- Welke nucleotide is gemuteerd bij een Schinzel-Giedion-patiënt?
- De DNA-code voor het aminozuur leucine (L) is CTA. De DNA-code voor het aminozuur proline is CCA.

Leg met deze gegevens en afbeelding 69 uit dat de mutatie bij Schinzel-Giedion-patiënten leidt tot een andere aminozuurvolgorde en daarmee tot een ander eiwit.

- Komt bij een Schinzel-Giedion-patiënt de opgespoorde mutatie tot uiting in het fenotype? Leg je antwoord uit.
- Leg uit dat bij Schinzel-Giedion-patiënten door één verandering op molecuul-niveau de gevolgen merkbaar zijn op organismeniveau.

▼ Afb. 69



Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.



# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context kunnen omschrijven wat het genotype en wat het fenotype van een organisme is. Ook moet je het doel van tweelingonderzoek kunnen beschrijven.

- Fenotype: de waarneembare eigenschappen van een individu.
  - Het fenotype wordt bepaald door het genotype en milieufactoren.
- Genotype: de verzameling genen in een cel.
  - Gen: een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor één erfelijke eigenschap of een deel van een erfelijke eigenschap.
  - Allel: één van de genen van een genenpaar.
  - In lichaamscellen komen genen in paren voor; in geslachtscellen komen genen enkelvoudig voor. Een synoniem voor genenpaar is allelenpaar.
- Door tweelingonderzoek probeert men meer zicht te krijgen op de invloed die het genotype en milieufactoren hebben op het fenotype.
  - De individuen van een eeneiige tweeling hebben hetzelfde genotype.
  - Een eeneiige tweeling kan dus alleen uit twee meisjes of uit twee jongens bestaan. Een eeneiige tweeling lijkt sprekend op elkaar.
  - Een twee-eiige tweeling lijkt net zoveel op elkaar als andere broers of zussen, en kan van verschillend geslacht zijn.
  - Bij een eeneiige tweeling (die gescheiden opgroeit) kan worden onderzocht welke invloed milieufactoren en genotype hebben op het fenotype.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen omschrijven wat DNA-sequentie, genexpressie en epigenetica betekenen.

- Chromosomen bestaan voor een groot deel uit DNA.
- DNA-sequentie: de volgorde van de vier verschillende bouwstenen waaruit DNA is opgebouwd. Door de volgorde van deze vier bouwstenen kan erfelijke informatie in een code worden opgeslagen in het DNA.
  - DNA-sequenties in de verschillende lichaamscellen van een organisme zijn voor het overgrote deel gelijk (mutaties zorgen voor kleine verschillen).
- Genexpressie is het tot uiting komen van een gen.
  - Genexpressie verschilt per cel (weefsel).
- Epigenetica is de studie van wijzigingen in de genexpressie zonder dat er wijzigingen in de

DNA-sequentie plaatsvinden.

- Deze wijzigingen in de genexpressie zijn omkeerbaar, maar soms stabiel en erfelijk.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context kunnen omschrijven wat homozygoot, heterozygoot, dominant en recessief betekenen. Ook moet je in een context kunnen beschrijven hoe door recombinatie nieuwe combinaties van allelen ontstaan.

- Homozygoot: het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee gelijke genen.
- Heterozygoot: het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee ongelijke genen.
- Dominant allel: een allel dat altijd tot uiting komt in het fenotype.
  - Individuen waarbij een dominant allel tot uiting komt in het fenotype, kunnen homozygoot of heterozygoot zijn voor deze eigenschap.
- Recessief allel: een allel dat alleen tot uiting komt in het fenotype als er geen dominant allel aanwezig is.
  - Individuen waarbij een recessief allel tot uiting komt in het fenotype, zijn homozygoot voor deze eigenschap.
- Onvolledig dominant allel: een dominant allel dat bij een heterozygoot individu een recessief gen ook enigszins tot uiting laat komen in het fenotype.
  - Intermediair fenotype: twee ongelijke allelen komen beide tot uiting in het fenotype als mengvorm.
- Recombinatie: het ontstaan van nieuwe combinaties van allelen.
  - Door geslachtelijke voortplanting vindt recombinatie van chromosomen met daarop de allelen plaats.
  - Hierdoor ontstaan na meiose geslachtscellen (gameten) met verschillende genotypen. In de geslachtscellen kunnen  $2^n$  verschillende genotypen voorkomen (bij de mens  $2^{23}$ ).
  - Na bevruchting treedt recombinatie op: er ontstaan nieuwe combinaties van allelen.
  - Door recombinatie ontstaat een grote genetische variatie door verscheidenheid in genotypen. Hierdoor heeft een soort een grote overlevingskans, vooral bij veranderende milieuomstandigheden.

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context van een monohybride kruising een kruisingsschema kunnen opstellen.

- Monohybride kruising: kruising waarbij wordt gelet op de overerving van één eigenschap.
  - Bij een monohybride kruising is één genenpaar betrokken. Bij een dihybride kruising zijn twee genenparen betrokken.



- Het opstellen van een kruisingsschema:
  - Geef de genotypen van de ouders in een kruising weer (een dominant allel met een hoofdletter, een recessief allel met een kleine letter).
  - Stel vast welke allelen de geslachtscellen van beide ouders kunnen bevatten.
  - Ga na welke mogelijkheden er bestaan voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern.

• Kruisingsschema van een monohybride kruising:

P	AA	×	aa
geslachtscellen	A		a
F <sub>1</sub>	Aa		
geslachtscellen	A of a		A of a
F <sub>2</sub>			
	A		a
A	AA		Aa
a	Aa		aa

- verhouding in de F<sub>2</sub>:  
genotypen: AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1;  
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 3 : 1.

**DOELSTELLING 5**

Je moet in een context bij een gegeven monohybride kruising genotypen en fenotypen van ouders en/of nakomelingen kunnen afleiden.

- P: Aa × aa.
  - Verhouding in de F<sub>1</sub>:  
genotypen: Aa : aa = 1 : 1;  
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 1 : 1.
  - Testkruising: AA × aa of Aa × aa. Alleen bij een heterozygoot individu komt het recessieve allel tot uiting in de F<sub>1</sub>.
- P: Aa × Aa.
  - Verhouding in de F<sub>1</sub>:  
genotypen: AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1;  
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 3 : 1.
- Stambomen: als twee ouders met gelijk fenotype een nakomeling krijgen met een afwijkend fenotype, zijn beide ouders heterozygoot voor deze eigenschap (Aa).
  - De nakomeling is dan homozygoot recessief voor deze eigenschap (aa).

**DOELSTELLING 6**

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de geslachtschromosomen het geslacht van een mens bepalen.

- Bij de mens komen in een lichaamscel 23 paar chromosomen voor (2n):
  - 22 paar autosomen;
  - 1 paar geslachtschromosomen.
- Bij de mens komen in een geslachtscel 23 chromosomen voor (n):
  - 22 autosomen;
  - 1 geslachtschromosoom.
- 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 eicel een X-chromosoom.
- Karyotype: de chromosomen van een eukaryote cel naar grootte en in paren gerangschikt. Ook wel chromosomenportret of karyogram genoemd.
- Het geslacht van een individu komt vast te liggen op het moment van bevruchting. Bepalend hiervoor is het geslachtschromosoom in de zaadcel:
  - meisje: eicel X + zaadcel X → bevruchte eicel XX;
  - jongen: eicel X + zaadcel Y → bevruchte eicel XY.

**DOELSTELLING 7**

Je moet in een context bij een gegeven kruising genotypen en fenotypen van ouders en/of nakomelingen kunnen afleiden, wanneer er sprake is van X-chromosomale overerving.

- Bij autosomale overerving liggen de genen voor deze eigenschap op de autosomen.
- Bij X-chromosomale overerving liggen de genen voor deze eigenschap in de geslachtschromosomen:
  - de X-chromosomen bevatten elk een gen;
  - de Y-chromosomen bevatten geen gen.
- X-chromosomale genen worden weergegeven als X<sup>A</sup> of X<sup>a</sup>.
  - Een vrouw kan als genotype X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>, X<sup>A</sup>X<sup>a</sup> of X<sup>a</sup>X<sup>a</sup> hebben.
  - Een man kan als genotype X<sup>A</sup>Y of X<sup>a</sup>Y hebben.

**DOELSTELLING 8**

Je moet in een context bij een gegeven kruising genotypen en fenotypen van ouders en/of nakomelingen kunnen afleiden, wanneer er sprake is van multi-pele allelen, een letale factor of gekoppelde genen. Je moet ook enkele andere gevallen kunnen herkennen waarin overerving anders verloopt.



- **Multipelen allelen:** voor één erfelijke eigenschap bestaan drie of meer allelen. Bijvoorbeeld: voor de bloedgroep van de mens bestaan drie genen:  $I^A$ ,  $I^B$  en  $i$ .
  - $I^A I^A$  of  $I^A i$ : bloedgroep A;
  - $I^B I^B$  of  $I^B i$ : bloedgroep B;
  - $I^A I^B$ : bloedgroep AB;
  - $ii$ : bloedgroep o.
- **Letale factor:** een allel dat geen levensvatbaar individu oplevert als een allelenpaar bestaat uit twee van zulke allelen.
  - Als beide ouders dezelfde letale factor bezitten, wordt een deel van de verwachte nakomelingschap niet geboren.
- **Gekoppelde overerving:** twee genenparen liggen in hetzelfde chromosomenpaar.
  - In kruisingsopgaven wordt de koppeling aangegeven door het chromosomenpaar schematisch weer te geven:  $\frac{AB}{AB}$
- Soms verloopt de overerving anders dan volgens de wetten van Mendel mag worden verwacht.
  - Door epigenetica: door milieufactoren kan de expressie van een gen veranderen. Door voeding bijv. kan de vachtkleur van bepaalde muizen veranderen.
  - Mitochondriën bevatten een klein ringvormig DNA met een klein aantal genen. Mitochondriaal DNA wordt alleen via de eicel aan een volgende generatie doorgegeven.

#### DOELSTELLING 9

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe chromosomen en DNA-moleculen zijn gebouwd en op welke manier het genotype tot uiting komt in het fenotype.

- Een chromosoom bestaat uit één lang DNA-molecuul, dat opgerold ligt rond vele eiwitmoleculen.
  - Het geheel van DNA- en eiwitmoleculen is spiraalsgewijs opgevouwen.
- Een DNA-molecuul bestaat uit twee lange ketens van nucleotiden.
  - De nucleotidenketens zijn in een dubbele spiraal om elkaar heen gewonden.
  - Elke nucleotide bestaat uit een fosfaatgroep, desoxyribose en een stikstofbase.
  - De DNA-sequentie is de volgorde van de nucleotiden in een DNA-molecuul.
- **Basenparing:** de stikstofbasen van de beide nucleotidenketens zijn twee aan twee met elkaar verbonden. Ze vormen vaste paren:
  - Adenine (A) is verbonden met thymine (T).
  - Cytosine (C) is verbonden met guanine (G).
- Erfelijke eigenschappen komen tot uiting in het

fenotype door de aanwezigheid van bepaalde eiwitten (bijv. enzymen).

- Op de plaats van een ingeschakeld gen worden van een van beide nucleotidenketens afschriften van het DNA gemaakt: RNA-moleculen. Dit gebeurt tegelijkertijd op verschillende plaatsen van verschillende genen in een DNA-molecuul.
  - RNA-moleculen verlaten de celkern via kernporiën.
  - RNA brengt in de ribosomen de eiwitsynthese op gang.
- **Genomica** (Engels: genomics) bestudeert het genoom van organismen. Bijv. projecten die de DNA-sequenties van (een deel van) het genoom van een organisme in kaart brengen.
  - Genoom: de volledige set genen van een organisme inclusief niet-coderend DNA (junk-DNA).

#### DOELSTELLING 10

Je moet in een context het ontstaan en de uitwerking van mutaties kunnen beschrijven.

- **Mutatie:** een verandering in de basenvolgorde van het DNA of RNA.
  - Als gevolg van een mutatie kan een ander aminozuur in een eiwit worden ingebouwd.
  - Door gewijzigde aminozuurvolgorde kunnen de vorm en functie van het eiwit veranderen.
- **Mutaties hebben meestal geen grote uitwerking, doordat:**
  - slechts een klein deel van het DNA uit genen bestaat, een groot deel van de mutaties vindt daardoor plaats in niet-coderend DNA;
  - een mutatie die wel plaatsvindt in een gen, uitgeschakeld kan zijn;
  - de meeste gemuteerde allelen recessief zijn;
  - de uitwerking van een mutatie die is opgetreden in een lichaamscel, meestal beperkt blijft tot die ene cel;
  - mutaties in genen lang niet altijd leiden tot veranderde eiwitten.
- **Mutaties kunnen wel een grote uitwerking hebben als ze optreden in een geslachtscelmoeder cel, een geslachtscel, een zygote of een cel van een embryo.**
  - Mutaties zijn meestal ongunstig voor het organisme.
  - Door mutaties ontstaat, net als door recombinatie, genetische variatie.

#### COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd dat erfelijkheid een rol speelt in beroepen en de dagelijkse praktijk.



# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

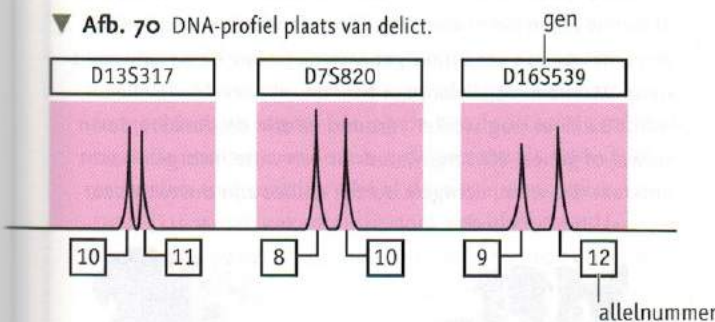
Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Het uiterlijk maakt deel uit van iemands fenotype.
- 2 Een gen is een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor één erfelijke eigenschap of een deel van een erfelijke eigenschap.
- 3 Alle genen in de chromosomen van een individu vormen het genotype van dat individu.
- 4 Het fenotype kan worden beïnvloed door de temperatuur.

Wanneer een misdrijf wordt gepleegd, wordt op de plaats van delict naar sporen gezocht waar een DNA-profiel van kan worden gemaakt. In afbeelding 70 is een deel van een DNA-spoor op de plaats van het delict weergegeven. De pieken komen overeen met de allelenparen van drie genen. De genen zijn weergegeven met de volgende codes : D13S317, D7S820 en D16S539. Van elk van deze drie genen komen bij de Nederlandse bevolking veel verschillende allelen voor. Elke piek in afbeelding 70 stelt een allel voor met een bepaald nummer.

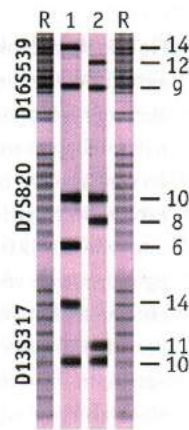
De recherche vergelijkt het DNA-profiel op de plaats van delict met het DNA-profiel van twee verdachten. In afbeelding 71 is het DNA-profiel van de drie genoemde genen van deze twee verdachten (1 en 2) weergegeven. De allelen zijn niet weergegeven als pieken, maar als bandjes. De kolommen die met R zijn aangegeven, bevatten de bandjes van alle allelen die bij de genoemde drie genen kunnen voorkomen. De getallen rechts van het profiel geven de nummers van de allelen aan.

▼ Afb. 70 DNA-profiel plaats van delict.



- 5 Het DNA-profiel van afbeelding 70 kan afkomstig zijn van een spermaspoor.
- 6 De verdachten 1 en 2 kunnen een eeneiige tweeling zijn.
- 7 Het DNA-profiel van verdachte 2 kan goed worden gebruikt om deze verdachte vrij te spreken.

▼ Afb. 71 DNA-profielen van twee verdachten.



- 8 Door tweelingonderzoek probeert men meer zicht te krijgen op de invloed van het fenotype op het genotype.
- 9 Bij een eeneiige tweeling die gescheiden opgroeit, kan worden onderzocht welke invloed milieufactoren hebben op het fenotype.

De volgende gegevens horen bij de beweringen 10 en 11. Een bijenvolk bestaat uit vrouwelijke bijen (werkbijen), mannelijke bijen (darren) en één grote vrouwelijke bij (de koningin).

Uit een zygote kan een koningin of een werkbij ontstaan. Dit is afhankelijk van het voedsel dat de larve krijgt. Een dar ontstaat uit een onbevuchte eicel.

- 10 Het verschil tussen een koningin en een werkbij wordt vooral bepaald door een milieufactoor.
- 11 Het verschil tussen een koningin en een dar wordt vooral bepaald door een milieufactoor.

## DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen met behulp van afbeelding 72.

- 1 Is er in het onderzoek van afbeelding 72 sprake van epigenetica? Leg je antwoord uit.
- 2 Is de DNA-sequentie van het agoutigen van beide muizen op de foto gelijk? Leg je antwoord uit.
- 3 Is de genexpressie van het agoutigen van beide muizen op de foto gelijk? Leg je antwoord uit.
- 4 Zijn de DNA-sequenties uit een levercel voor het overgrote deel gelijk aan de DNA-sequenties uit een cel uit de longen van een muis?
- 5 Is de genexpressie in een cel uit de lever voor het overgrote deel gelijk aan de genexpressie in een cel uit de longen van een muis?



## ▼ Afb. 72

## Voeding maakt agoutimuis slank en bruin

Onderzoekers aan de Duke University ontdekten dat voeding het aan- en uitschakelen van het agoutigen van muizen beïnvloedt. Muizen met het agoutigen worden moddervet. Het gen zorgt ook voor een perzikkleurige vacht en een grote kans op diabetes en kanker.

Normaal gesproken krijgen twee agoutimuizen die beide homozygoot zijn voor het agoutigen ook dikke nakomelingen met perzikkleurige vacht en een lage levensverwachting. In dit experiment werd deze kruising ook uitgevoerd, maar kregen de zwangere agoutimuizen vitamine B12, foliumzuur, choline en betaïne toegediend.

Vervolgens bleek dat de nakomelingen van de muizen met het verrijkte dieet slank en bruin waren en een normale levensverwachting hadden, in tegenstelling tot hun moeder. Door externe



invloed zoals de bijvoeding werd het agoutigen uitgeschakeld.

Naar: [www.medischdossier.org](http://www.medischdossier.org).

## DOELSTELLING 3

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist. Gebruik bij vraag 1 tot en met 6 afbeelding 73.

- 1 Het allel dat de vachtkleur bij labradors onderdrukt, is dominant.
- 2 Het Merle-allel is onvolledig dominant.
- 3 Van de labradorpup links op de foto kun je met zekerheid zeggen dat deze homozygoot is voor het E-gen.
- 4 Van de gele labradorpup links op de foto kun je met zekerheid zeggen dat deze homozygoot is voor het E-gen.
- 5 Van de bordercollie rechts op de foto kun je met zekerheid zeggen dat deze heterozygoot is voor het Merle-gen.
- 6 Van de bordercollie links op de foto kun je met zekerheid zeggen dat deze heterozygoot is voor het Merle-gen.
- 7 Door meiose ontstaan geslachtscellen met verschillende genotypen.

Een lichaamscel van een mens bevat 46 chromosomen.

- 8 Bij een mens kunnen de geslachtscellen  $2^{46}$  verschillende genotypen bevatten.

Een lichaamscel van een chimpansee bevat 48 chromosomen.

- 9 Bij een chimpansee kunnen de geslachtscellen  $2^x$  zoveel genotypen bevatten als bij een mens.
- 10 Door recombinatie ontstaat genetische variatie.

## ▼ Afb. 73

## Hondenfokker

Martijn Peters fokt honden van verschillende rassen en heeft te maken met de vachtkleur die wordt bepaald door meerdere genen. Sommige van deze genen beïnvloeden andere genen. Bij labradors bijvoorbeeld komen op het B-gen allelen voor een bruine of zwarte vachtkleur voor. Het E-gen kan het B-gen beïnvloeden. Op het E-gen komt een allel voor dat de zwarte of bruine vachtkleur onderdrukt. Dit allel komt alleen tot uiting wanneer twee van deze allelen aanwezig zijn op het E-gen. Een labrador is dan geel in plaats van zwart of bruin. Ook bij bordercollies komt het B-gen voor dat staat voor een zwarte of bruine vachtkleur. Bij dit ras beïnvloedt een ander gen de zwarte of bruine vachtkleur: het Merle-gen. Wanneer het allelenpaar uit één Merle-allel bestaat, worden de zwarte of bruine egale delen van de vacht veranderd in een bonte verzameling van verdunningen van de bruine of zwarte vachtkleur. Wanneer dit allelenpaar bestaat uit twee Merle-allelen, wordt de kleur nog sterker verdund en zijn de donkere delen vrijwel of geheel afwezig, waardoor een witte, lichtgele vacht ontstaat. De witte, lichtgele border collies zijn onvruchtbaar en vaak doof of blind.



1 bordercollies met en zonder het Merle-allel

2 labradorpuppy's



**DOELSTELLING 4**

Beantwoord de volgende vragen.

Een plant met brede bladeren wordt gekruist met een plant met smalle bladeren. Het allel voor brede bladeren is dominant (A). De beide ouderplanten zijn homozygoot voor de bladvorm. De planten in de  $F_1$  worden onderling bestoven.

- 1 Stel van deze kruising een kruisingsschema op tot en met de  $F_2$ .
- 2 Welke genotypen komen voor in de  $F_2$  en in welke verhouding?
- 3 Welke fenotypen komen voor in de  $F_2$  en in welke verhouding?

**DOELSTELLING 5**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Van een bepaalde diersoort wordt een zwart dier gekruist met een wit dier. Alle nakomelingen zijn zwart. Deze  $F_1$ -dieren planten zich onderling voort. Van de 109  $F_2$ -dieren zijn er 84 zwart en 25 wit. Hoeveel van de 84 zwarte  $F_2$ -dieren zijn heterozygoot?
  - A Alle 84.
  - B Ongeveer 56.
  - C Ongeveer 42.
  - D Ongeveer 28.
- 2 Bij valkparkieten is het gen voor grijze kleur dominant over dat voor witte kleur. Een witte valkparkiet wordt gekruist met een valkparkiet die heterozygoot is voor de kleur. Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling een witte kleur heeft?
  - A 0%.
  - B 25%.
  - C 50%.
  - D 75%.
- 3 Het gen voor hemochromatose is autosomaal, recessief en komt veel voor bij mensen van Noord-Europese afkomst. Eén op de acht mensen is drager van het hemochromatosegen. Eén op de honderdtachtig mensen bezit de aanleg voor deze aandoening en is homozygoot recessief; toch worden niet al deze mensen ziek. De ziekte wordt gekenmerkt door een abnormaal verhoogde opname van ijzer uit het verteerde voedsel naar het bloed, met als gevolg ijzerstapeling in cellen van diverse weefsels. Bij hoge concentratie is ijzer giftig voor de cellen. Doordat de stapeling sluipend toeneemt, stijgt de kans op klachten en orgaanschade met de leeftijd. Meestal uiten de eerste symptomen zich na het veertigste levensjaar.

Over de ouders van een hemochromatosepatiënt worden drie uitspraken gedaan:

- 1: Het kan zijn dat beide ouders van de patiënt lijden aan hemochromatose.
- 2: Het kan zijn dat beide ouders van de patiënt drager zijn.
- 3: Het kan zijn dat beide ouders van de patiënt niet lijden aan hemochromatose.

Welke van deze uitspraken is (zijn) juist?

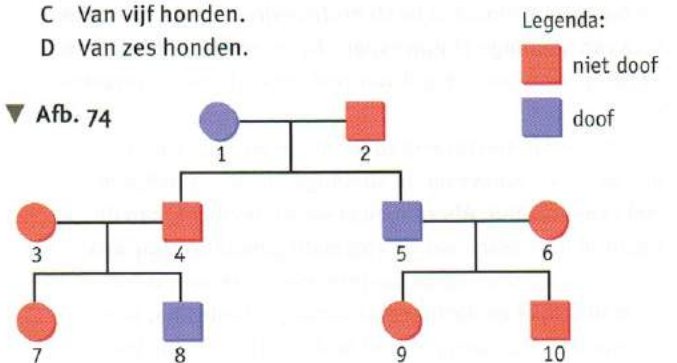
- A Alleen uitspraak 1.
- B Alleen uitspraak 1 en 2.
- C Alleen uitspraak 1 en 3.
- D Alleen uitspraak 2 en 3.
- E Zowel uitspraak 1, 2, als 3.

- 4 Een kweker wil met een testkruising achterhalen of een waardevolle plant met gele bloemen homozygoot of heterozygoot is voor een bepaalde bloemkleur. De gele bloemkleur is dominant, de witte bloemkleur is recessief. Uit een kruising van planten van dit ras ontstaan gemiddeld honderd nakomelingen in de  $F_1$ . Met welke plant wordt de waardevolle plant gekruist bij een testkruising? En uit welke nakomelingschap van de  $F_1$  kan de kweker concluderen dat de plant heterozygoot is voor de gele bloemkleur?

Kruisen met een plant met	Verhouding bloemen in de $F_1$
A gele bloemen	100% geel
B gele bloemen	25% wit, 75% geel
C witte bloemen	100% geel
D witte bloemen	50% geel, 50% wit

- 5 Bij honden komt een vorm van doofheid voor die erfelijk is. In afbeelding 74 is een stamboom getekend van een hondenfamilie waarin deze vorm van doofheid voorkomt. Van hoeveel van de honden uit deze stamboom is met zekerheid te zeggen dat zij heterozygoot zijn voor erfelijke doofheid?
  - A Van drie honden.
  - B Van vier honden.
  - C Van vijf honden.
  - D Van zes honden.

▼ Afb. 74





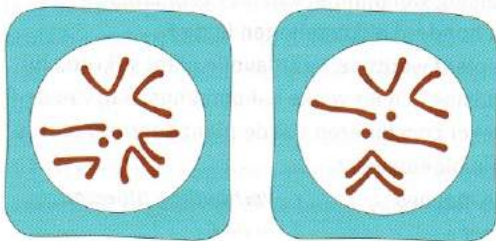
## DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 75 zijn van beide geslachten van een fruitvlieg de chromosomen weergegeven van een lichaamscel en van een geslachtscel.

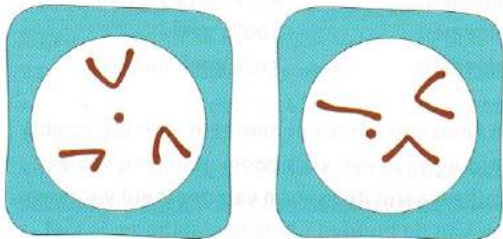
- 1 Geef van elke cel aan of de chromosomen afkomstig zijn van een geslachtscel of van een lichaamscel. Geef ook van elke cel aan of deze cel afkomstig is van een mannetje of van een vrouwtje.
- 2 Hoeveel autosomen bevat een levercel van een mens?
- 3 Kunnen de chromosomen van cel 3 afkomstig zijn van een zygote?
- 4 Welke geslachtscel bepaalt het geslacht van een mens?
- 5 Als een zygote een X- en een Y-chromosoom bevat, is het X-chromosoom dan afkomstig van de vader of van de moeder?

▼ **Afb. 75** Chromosomen afkomstig uit verschillende cellen van een fruitvlieg.



cel 1

cel 2



cel 3

cel 4

## DOELSTELLING 7

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

De bacterie *Wolbachia* heeft grote invloed op de voortplanting van sommige sluipwespen. Zij verandert het DNA van de sluipwesp om zichzelf van veel 'nageslacht' te verzekeren.

De *Wolbachia*-bacterie is vooral in de eicellen van de sluipwespen aanwezig. In sommige eicellen zijn dat er wel tweeduizend. Als zo'n eicel wordt bevrucht, kan de bacterie meegaan naar de volgende generatie sluipwespen. In zaadcellen zit de bacterie niet, daarvoor heeft de mannelijke geslachtscel te weinig cytoplasma. Een mannelijke sluipwesp is voor de bacterie dan ook een doodlopend pad, want een besmet mannetje kan de

bacterie niet doorgeven aan de volgende generatie. Bij veel insecten, zoals bij deze sluipwesp, ontstaan dochters uit bevruchte eicellen en zonen uit onbevruchte. Dit wordt haplo-diploidie genoemd.

- 1 Naar aanleiding van het begrip haplo-diploidie doen twee leerlingen een uitspraak.  
Leerling 1 zegt: Als een sluipwespmannetje één allel voor een bepaalde eigenschap heeft, komt dit allel bij hem tot uiting in het fenotype.  
Leerling 2 zegt: Als een sluipwespvrouwtje één allel voor een bepaalde eigenschap heeft, komt dit allel bij haar nooit tot uiting in het fenotype.  
Welke leerling heeft of welke leerlingen hebben gelijk?  
A Geen van beide leerlingen heeft gelijk.  
B Alleen leerling 1 heeft gelijk.  
C Alleen leerling 2 heeft gelijk.  
D Beide leerlingen hebben gelijk.

- 2 Een homozygoot sluipwespvrouwtje met het fenotype van het dominante allel paart met een mannetje met het fenotype van het recessieve allel (generatie 1). De dochters die hieruit ontstaan (generatie 2) paren met een mannetje met het fenotype van het dominante allel. Hoeveel procent kans heeft een mannelijke nakomeling uit generatie 3 op een recessief fenotype?  
A 100%.  
B 75%.  
C 50%.  
D 25%.  
E 0%.

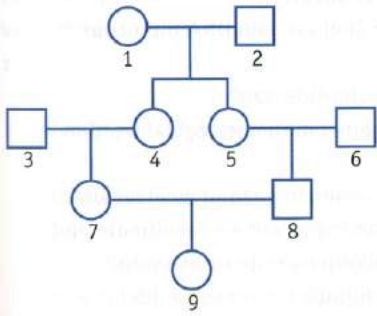
- 3 Bij mensen wordt kleurenblindheid veroorzaakt door een recessief, X-chromosomaal gen.  
Kan een niet-kleurenblinde man een dochter krijgen die kleurenblind is?  
En een zoon die kleurenblind is?

	Dochter	Zoon
A	ja	ja
B	ja	nee
C	nee	ja
D	nee	nee

- 4 De stamboom in afbeelding 76 heeft betrekking op een familie waarin kleurenblindheid voorkomt. Van de personen 1 tot en met 8 is alleen persoon 2 kleurenblind.  
Hoe groot is de kans dat persoon 9 kleurenblind is?  
A 0%.  
B 12,5%.  
C 25%.  
D 50%.



▼ Afb. 76



**DOELSTELLING 8**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- Een moeder met bloedgroep B heeft een dochter met bloedgroep o.  
Wat kan de bloedgroep van de vader zijn?  
A Alleen A.  
B Alleen o.  
C Alleen A of o.  
D A, B of o.  
E A, AB of o.
- Bij appaloosapaarden (zie afbeelding 77) komt een dominant gen A voor dat van invloed is op de bijzondere vachtkleur van dit ras. Appaloosapaardenembryo's die homozygoot zijn voor dit gen, sterven al in een vroeg embryonaal stadium.  
Hoe groot is de kans dat een veulen wordt geboren zonder dit dominante gen uit een paring van twee appaloosapaarden die drager zijn van dit gen?  
A o.  
B 1/4.  
C 1/3.  
D 1/2.  
E 2/3.

▼ Afb. 77 Appaloosapaard.



De volgende gegevens horen bij de vragen 3 en 4.  
Cholesterol is een voor de mens onmisbare vetachtige bouwstof. Mensen nemen deze stof op uit het voedsel. Bovendien kan de lever cholesterol maken uit onder andere vetten.

Het optreden van hart- en vaatziekten gaat vaak gepaard met een hoog cholesterolgehalte van het bloed. Dit gehalte wordt beïnvloed door de stof apo E (apolipoproteïne E). Bij de mens zijn met betrekking tot apo E drie allelen bekend. Het allel apo E2 werkt verlagend op het cholesterolgehalte van het bloed, het allel apo E4 werkt verhogend op het cholesterolgehalte van het bloed en het allel apo E3 veroorzaakt een gemiddeld cholesterolgehalte.

Geen van deze allelen is dominant over een van de andere.

- Het risico voor hart- en vaatziekten is mede afhankelijk van het genotype voor apo E. Er zijn verschillende genotypen mogelijk.  
Hoeveel verschillende genotypen voor apo E zijn mogelijk?  
A Twee.  
B Drie.  
C Vier.  
D Zes.  
E Acht.
- Een man en een vrouw zijn beiden heterozygoot en in het bezit van gen apo E4. Ze hebben zelf ten gevolge van hun genotype een gemiddeld cholesterolgehalte. Ze krijgen samen een kind.  
Hoe groot is de kans dat dit kind een genotype heeft waardoor de kans op hart- en vaatziekten is verhoogd?  
A 0%.  
B 25%.  
C 50%.  
D 75%.  
E 100%.
- Een bepaald diploïd individu wordt gekenmerkt door het genotype EeffGg. In afbeelding 78 zijn de twee betrokken chromosomenparen weergegeven. Aangenomen wordt dat gekoppelde genen gekoppeld blijven.  
Hoeveel verschillende genotypen (met betrekking tot de genoemde genen) kunnen in de geslachtscellen van dit individu voorkomen?  
A 2.  
B 3.  
C 4.  
D 8.

▼ Afb. 78





- 6 Twee individuen met de genotypen AaBB en aabb paren onderling. De genen A en B zijn gekoppeld. Hoeveel verschillende genotypen (met betrekking tot de genoemde genen) kunnen in de F<sub>1</sub> voorkomen?
- A Twee.  
B Drie.  
C Vier.  
D Acht.
- 7 Twee leerlingen doen een uitspraak over erfelijkheid. Leerling 1 zegt: Uit afbeelding 72 blijkt dat wanneer je met agoutimuizen kweekt, de verhouding van de fenotypen in de nakomelingschap anders kan zijn dan je zou verwachten. Leerling 2 zegt: Uit een DNA-test kan de verwantschap tussen vader en dochter worden aangetoond met mitochondriaal DNA. Welke van deze leerlingen heeft (hebben) gelijk?
- A Alleen leerling 1.  
B Alleen leerling 2.  
C Beide leerlingen hebben gelijk.  
D Geen van beide leerlingen heeft gelijk.

**DOELSTELLING 9**

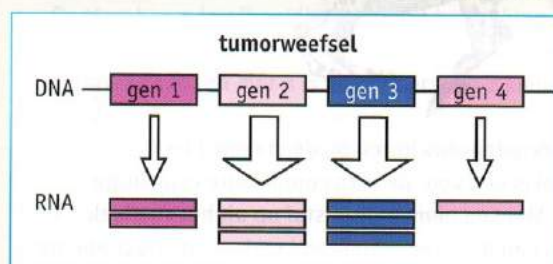
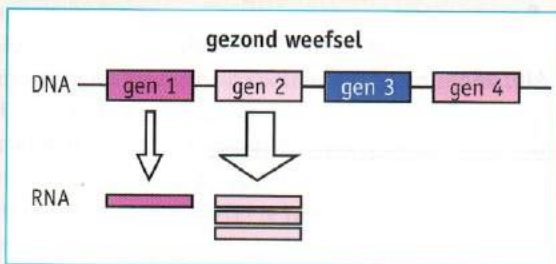
Beantwoord de volgende vragen met behulp van afbeelding 79.

- 1 Een van de ketens van een DNA-molecuul bevat in een bepaald deel uit gen 1 de volgende basenvolgorde: C – G – T – A.

▼ Afb. 79

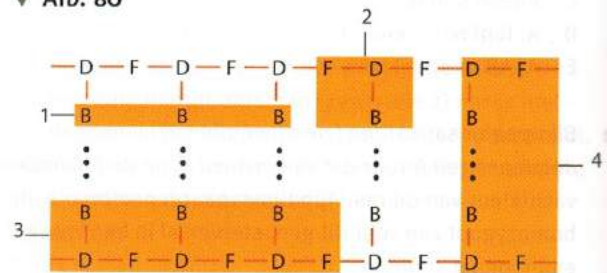
**MammaPrint test ernst borstkanker**

Het Nederlandse bedrijf Agendia biedt borstkankerpatiënten een test aan genaamd MammaPrint. Door deze test is de behandeling van borstkanker de laatste jaren sterk verbeterd. MammaPrint is gebaseerd op de microarray-techniek. Met deze techniek kan worden gemeten welke RNA-moleculen aanwezig zijn in een bepaald weefsel en hoeveel van elk. In de afbeelding is van enkele genen de hoeveelheid RNA in



- Welke basenvolgorde zal de andere keten van het DNA-molecuul in dit deel bevatten?
- 2 In afbeelding 80 is een deel van een DNA-molecuul getekend uit gen 1. Welk vakje geeft één nucleotide aan?
- 3 Van welke van de vier genen in tumorweefsel worden eiwitten gemaakt?
- 4 Door welke van de vier genen in gezond weefsel wordt de informatie voor de synthese van een eiwitmolecuul overgebracht van de celkern naar de ribosomen?
- 5 Welk gen kun je waarschijnlijk het meest duidelijk een borstkankergen noemen?
- 6 Van welk(e) gen(en) in tumorweefsel worden de meeste afschriften van nucleotidenketens van een DNA-keten gemaakt?
- 7 Leg uit dat het aantal borstkankerpatiënten dat na operatie een zware chemokuur moet ondergaan, is afgenomen door het gebruik van de MammaPrint.

▼ Afb. 80



B = stikstofbase    D = desoxyribose    F = fosfaatgroep

twee verschillende weefsels weergegeven. Een of meer balkjes geeft de hoeveelheid RNA in een weefsel aan. Borstkankerpatiënten ondergaan vaak een operatie om tumorweefsel te laten verwijderen. Na de operatie volgt dan vaak een chemokuur. Een chemokuur is een kuur met medicijnen die nogal wat bijwerkingen heeft. Na de operatie kan nu eerst de MammaPrint worden ingezet. De MammaPrint wijst uit dat een bepaalde groep patiënten na operatie geen belastende chemokuur meer nodig heeft. Door het inzetten van de MammaPrint is dat aantal met een derde verminderd.



## DOELSTELLING 10

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen met behulp van afbeelding 81.

- Bij een bepaalde wijnstokplant zijn de beide allelen van allelenpaar 2 gemuteerd, waardoor geen werkzaam eiwit meer wordt gevormd. Welke kleur zullen de druiven aan deze plant hebben?
  - Blauw.
  - Geel.
  - Kleurloos.
- Bij een andere wijnstokplant zijn de beide allelen van allelenpaar 1 gemuteerd, waardoor geen werkzaam eiwit meer wordt gevormd. De beide allelen van allelenpaar 2 zijn niet gemuteerd. Welke kleur zullen de druiven aan deze plant hebben?
  - Blauw.
  - Geel.
  - Kleurloos.
- In een bepaalde wijnstokplant is in genenpaar 1 geen mutatie opgetreden. In genenpaar 2 is een van de allelen gemuteerd; de mutatie is recessief. Het andere allel van genenpaar 2 is niet gemuteerd. Welke kleur zullen de druiven hebben aan deze plant?
  - Blauw.
  - Geel.
  - Kleurloos.
- In drie wijnstokplanten zijn op verschillende plaatsen dezelfde mutaties opgetreden in een gen dat een belangrijke rol speelt bij de stofwisseling van deze planten. Door deze mutatie kan geen werkzaam eiwit meer worden gevormd.
 

Plant 1: mutatie in een cel van een volgroeid blad.

Plant 2: mutatie in een cel van een knop die op het punt staat uit te lopen.

Plant 3: mutatie in de stuifmeelkorrel waaruit deze plant na bevruchting is gegroeid.

In welke van deze planten zal de mutatie, in volgorde van minste naar meeste, waarschijnlijk de meeste gevolgen hebben voor de wijnstokplant?

- Plant 1 – plant 2 – plant 3.
- Plant 1 – plant 3 – plant 2.
- Plant 2 – plant 1 – plant 3.
- Plant 2 – plant 3 – plant 1.
- Plant 3 – plant 2 – plant 1.
- Plant 3 – plant 1 – plant 2.

- In drie cellen van een blad van een wijnstok vinden mutaties plaats.
 

Cel 1: mutatie in het DNA die een andere vorm en functie van enzym B tot gevolg heeft.

Cel 2: mutatie in het DNA die een ander aminozuur in enzym B tot gevolg heeft.

Cel 3: mutatie in het niet-coderend DNA.

In welke van deze cellen zal de mutatie waarschijnlijk de meeste kans hebben tot uiting te komen in het fenotype, in volgorde van weinig naar veel kans?

  - Cell 1 – cell 2 – cell 3.
  - Cell 1 – cell 3 – cell 2.
  - Cell 2 – cell 1 – cell 3.
  - Cell 2 – cell 3 – cell 1.
  - Cell 3 – cell 2 – cell 1.
  - Cell 3 – cell 1 – cell 2.

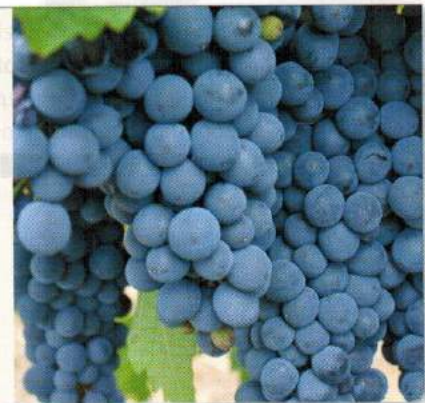
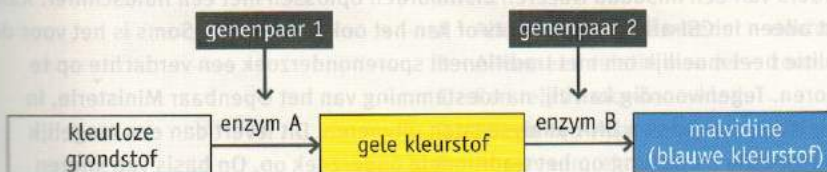
Controleer met het antwoordenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.

## ▼ Afb. 81

## Wijnstok

Bij de wijnstok wordt de blauwe kleur van de druiven veroorzaakt door de stof malvidine. Bij de vorming van deze stof zijn twee allelenparen betrokken. Onder invloed van elk van deze allelenparen wordt een enzym geproduceerd.





# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

### ▼ Afb. 82

### Witte leeuw

Witte leeuwen kunnen minder pigment (kleurstof) vormen en zijn dus geen albino's. Albino's kunnen helemaal geen pigment produceren en hebben rode ogen. De afwijkende huidskleur van een witte leeuw wordt veroorzaakt door een mutatie in het DNA, waardoor de pigmentvormende cellen in de huid duidelijk minder pigment maken. Witte leeuwen komen vooral voor in dierentuinen, omdat ze in het wild moeilijk overleven. Toch zouden de overlevingskansen van witte leeuwen groter kunnen zijn dan van een albino-dier. Witte leeuwen zijn namelijk agressiever naar andere leeuwen dan de geelbruine leeuwen.



### Beantwoord de volgende vragen.

- In dit thema is erfelijkheid op verschillende organisatieniveaus behandeld. Lees het artikel van afbeelding 82. Noem bij dit artikel een voorbeeld van de volgende zes organisatieniveaus: molecuul – cel – orgaan – organisme – populatie – levensgemeenschap.
- Het thema Erfelijkheid heeft te maken met veel andere thema's die in Biologie voor jou staan. Hieronder staan zes beschrijvingen die te maken hebben met erfelijkheid. Geef van deze beschrijvingen aan bij welk thema uit Biologie voor jou ze passen. Kies uit de thema's: Ecologie – Evolutie – Gaswisseling en uitscheiding – Gedrag – Voeding – Voortplanting.

Beschrijving	Thema
1 Door recombinatie ontstaan nieuwe combinaties van genen.	
2 Genen die voordeel opleveren, hebben meer kans om in de volgende generatie terug te komen.	
3 Mensen met de lange variant van het 5-HTTLPR-gen ervaren meer geluk.	
4 Bij vraat door rupsen zet een plant genen aan, waardoor lokstoffen worden geproduceerd. Deze lokstoffen lokken insecten die deze rupsen als prooidier hebben.	
5 Eeneiige tweelingen kiezen vaker voor dezelfde etenswaren dan twee-eiige tweelingen.	
6 Je maximale zuurstofopname tijdens het sporten wordt voor een groot deel bepaald door genen.	

## opdracht 2

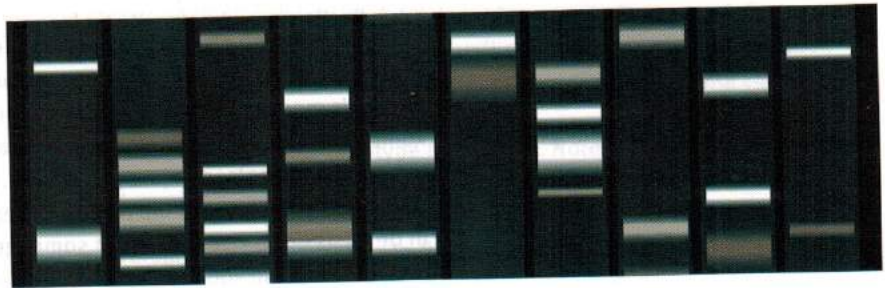
### Crime Scene Investigation (examen havo 2010-1 (pilot))

Daders van een misdaad traceren en moorden oplossen met één huidschilfer. Kan dat alleen in CSI-afleveringen op tv of kan het ook in het echt? Soms is het voor de politie heel moeilijk om met traditioneel sporenonderzoek een verdachte op te sporen. Tegenwoordig kan zij, na toestemming van het Openbaar Ministerie, in een laboratorium een DNA-analyse laten uitvoeren. Dit levert dan een mogelijk waardevolle aanvulling op het traditionele onderzoek op. Op basis van sporen zoals een klein stukje huid, een haarwortel of een druppeltje bloed, kun je een



DNA-profiel maken. Dit DNA-profiel is voor vrijwel ieder mens uniek en kan de sleutel tot de oplossing van een misdrijf zijn. Het maken van zo'n DNA-profiel is een vorm van forensisch of gerechtelijk onderzoek. In afbeelding 83 zie je een manier waarop DNA-profielen kunnen worden weergegeven.

► Afb. 83



- 1 Op welk organisatieniveau vindt bovengenoemd forensisch onderzoek plaats?
  - A Op moleculniveau.
  - B Op organelniveau.
  - C Op orgaanniveau.
  - D Op organismeniveau.
  
- 2 Welke van de volgende verschillen zijn tussen twee willekeurige mensen het talrijkst?
  - A Het aantal verschillen in hun fenotypische eigenschappen.
  - B Het aantal verschillende genen.
  - C Het aantal verschillende allelen.
  - D Het aantal verschillen in hun nucleotidenvolgorde.

Het maken van een DNA-profiel met behulp van alleen sporen die op de plaats van een geweldd misdrijf zijn gevonden, is natuurlijk niet genoeg.

- 3 Welk DNA-profiel of welke DNA-profielen heeft men nog meer nodig?
 

<i>DNA-profiel van slachtoffer</i>	<i>DNA-profiel van vermoedelijke dader(s)</i>	<i>DNA-profiel van mensen die op plaats delict werken, wonen of er geweest zijn</i>
A ja	ja	ja
B ja	ja	nee
C ja	nee	ja
D ja	nee	nee
E nee	ja	ja
F nee	ja	nee

Niet alleen bij het oplossen van geweldd misdrijven kijken forensische onderzoekers naar DNA-profielen. Ook voor het aantonen van een familierelatie gebruiken ze deze profielen. Ze gebruiken hierbij soms DNA uit mitochondriën. Mitochondriën worden alleen via de eicel naar een volgende generatie doorgegeven.

- 4 Welke relatie kan duidelijk worden door het gebruik van DNA uit de mitochondriën?
  - A Alleen een relatie moeder – dochter.
  - B Alleen een relatie moeder – zoon.
  - C Een relatie moeder – kind.
  - D Alleen een relatie vader – dochter.
  - E Alleen een relatie vader – zoon.
  - F Een relatie vader – kind.



# 1 Erfelijkheid in je familie

De overerving van eigenschappen bij de mens is niet eenvoudig te onderzoeken. Je kunt bij mensen geen kruisingen uitvoeren. Het aantal nakomelingen van twee ouders is meestal klein. Door stamboomonderzoek kun je iets meer te weten komen over de manier waarop een bepaalde eigenschap overerft. Je kunt zo'n onderzoek nabootsen in je eigen familie. In afbeelding 84 zie je voorbeelden van erfelijke eigenschappen die je kunt onderzoeken.

In de basisstof is behandeld dat sommige allelen niet volledig dominant zijn. Bij de mens bestaan voor veel eigenschappen allelen die niet 100% dominant zijn. Dit maakt het moeilijker het genotype van mensen vast te stellen.

Soms kan het voorkomen dat een dominant allel niet goed tot uiting komt in het fenotype. Iemand die heterozygoot is voor de oogkleur bijvoorbeeld kan blauwe ogen hebben met enkele bruine vlekjes. Ook kan het zijn dat een dominant allel pas op latere leeftijd tot uiting komt, bijvoorbeeld het allel voor kaalhoofdigheid bij mannen. Ten slotte kunnen ook bepaalde eigenschappen tijdens het leven veranderen. Iemand met zwart haar bijvoorbeeld kan grijs worden. Al deze verschijnselen bemoeilijken een stamboomonderzoek bij mensen.

## opdracht 1

Kies vijf erfelijke eigenschappen die je in jouw familie wilt onderzoeken. Verzamel bij zo veel mogelijk familieleden gegevens over deze eigenschappen. Kies de eigenschappen die geschikt zijn om in jouw familie te onderzoeken. Gebruik daarbij afbeelding 84 en de volgende informatie over enkele eigenschappen uit afbeelding 84.

- De oogkleur: bruin of blauw. Door extra pigmenten kunnen ogen ook grijs of groen zijn. Deze oogkleuren mag je als blauw noteren. Dit is een erg vereenvoudigd model. In werkelijkheid wordt de oogkleur bepaald door meerdere genenparen, waarvan multipele allelen voorkomen. Je mag ook uitgaan van een iets ingewikkelder model met twee genenparen. Zoek daarover dan informatie op internet.
- De haarvorm: steil, golvend of krullend. Sluit hierbij milieufactoren uit, zoals krulspelden of de kapper!
- Het kleurenzien: als een persoon rood en groen moeilijk kan onderscheiden, mag je deze persoon als kleurenblind noteren.
- Rechts- of linkshandigheid. Vroeger werd linkshandige kinderen aangeleerd om rechts te schrijven. Je kunt het beste afgaan op de hand waarmee mensen zonder na te denken iets aanpakken. Iemand die zegt zowel rechts- als linkshandig te zijn, kun je als linkshandig noteren.
- De aanhechting van het oorleltje: dit kan vrij aan de zijkant van het hoofd zitten, het kan er half mee zijn vergroeid of het kan er geheel aan vastzitten.
- Het tongrollen: sommige mensen kunnen hun tong oprollen tot een gootje (zie afbeelding 84), anderen kunnen dit niet.

Deze gegevens kun je verzamelen van broers, zussen, ouders, grootouders, ooms, tantes, neven en nichten. Is je eigen familie te klein, dan kun je misschien de familie van een van je klasgenoten nemen.



opdracht 2

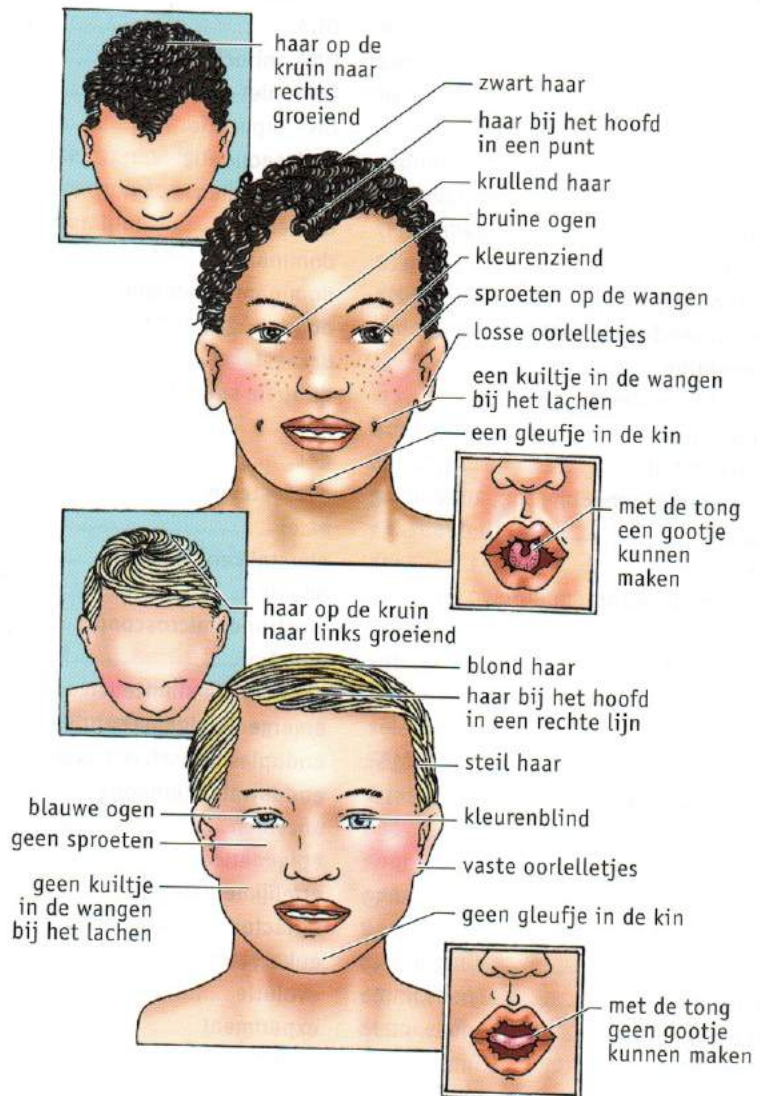
Als al je familieleden voor een eigenschap hetzelfde fenotype hebben, kun je uit de gegevens niets afleiden.

- 1 Maak voor elke eigenschap waarbij je verschillen hebt aangetroffen, een stamboom van je familie.
- 2 Bepaal uit elke stamboom welk allel dominant is en welk allel recessief. Misschien zijn er klasgenoten die bij hun familie ook een stamboomonderzoek hebben uitgevoerd. Controleer of je bevindingen in overeenstemming zijn met hun bevindingen.
- 3 Probeer van elk familielid het genotype te bepalen. Noteer de genotypen in de stamboom.

opdracht 3

Maak een verslag van je onderzoek. In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd hoe je onderzoek doet en daarvan een verslag maakt.

▼ Afb. 84



WEB meer verrijkingsstoffen vind je op ePack



**AUTEURS**

Arteunis Bos  
Marianne Gommers  
Onno Kalverda  
Ruud Passier  
Theo de Rouw  
Gerard Smits  
Ben Waas  
René Westra

ISBN 978 90 345 7424 4



9 789034 574244

544170

**MALMBERG**