

Thema 5 — Erfelijkheid en Evolutie

Samenvatting basisstof 1 t/m 6 · Biologie 3 vwo

2026-06-23

Thema 5 — Erfelijkheid en Evolutie

Leerdoelen

Nr.	Leerdoel
5.1.1	Je kunt omschrijven wat het genotype en het fenotype zijn.
5.1.2	Je kunt uitleggen dat cellen alleen de erfelijke informatie gebruiken die ze nodig hebben.
5.2.3	Je kunt uitleggen hoe elk van de ouders 50% van de chromosomen levert.
5.2.4	Je kunt uitleggen dat bij mensen het geslacht wordt bepaald door de geslachtschromosomen.
5.2.5	Je kunt uitleggen hoe door geslachtelijke voortplanting variatie in genotypen ontstaat.
5.3.6	Je kunt omschrijven wat genen en allelen zijn.
5.3.7	Je kunt omschrijven wat een mutatie is.
5.4.8	Je kunt benoemen hoe transcriptie en eiwitsynthese plaatsvinden in de cel.
5.4.9	Je kunt benoemen dat de genetische variatie toeneemt door spontane mutaties.
5.4.10	Je kunt omschrijven wat kanker is.
5.5.11	Je kunt de evolutietheorie beschrijven.
5.6.12	Je kunt uitleggen hoe fossielen zijn ontstaan.
5.6.13	Je kunt uitleggen dat soorten verwant zijn als ze een gemeenschappelijke voorouder hebben.

Basisstof 1 — Erfelijke informatie, genotype en fenotype

Erfelijke informatie in de cel

Elke lichaamscel bevat een celkern met daarin **46 chromosomen**. Chromosomen zijn dunne draden die voor een groot deel uit **DNA** bestaan. Het DNA slaat de informatie op voor al je erfelijke eigenschappen.

Bij elke **celdeling** worden de chromosomen eerst gekopieerd. Daarna deelt de cel zich, zodat elke dochtercel een complete set van 46 chromosomen krijgt. Alle lichaamscellen bevatten daardoor dezelfde informatie. De helft van die informatie is afkomstig van de moeder, de andere helft van de vader.

Genotype

De stukjes DNA die samen de informatie voor één eigenschap bevatten, vormen een **gen**. Alle genen samen — het complete DNA in één celkern — vormen het **genotype**. Het genotype ontstaat op het moment van bevruchting.

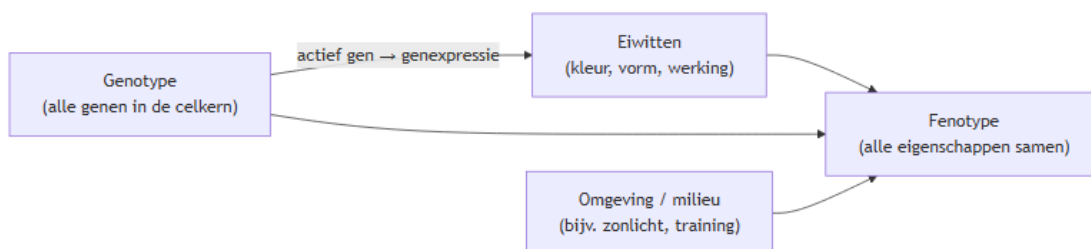
Hoewel elke lichaamscel hetzelfde genotype heeft, zijn niet alle genen in alle cellen actief. Een cel gebruikt alleen de genen die hij nodig heeft. Het tot uiting komen van een actief gen heet **genexpressie**. Welke genen actief zijn, hangt af van de plek in het lichaam. Levercellen maken gal; huidcellen boven op het hoofd maken haren.

Fenotype

Alle eigenschappen van een organisme samen vormen het **fenotype**. Daartoe horen zichtbare eigenschappen (zoals oogkleur) en niet-zichtbare (zoals bloeddruk).

Het fenotype is het resultaat van het genotype én invloeden uit de omgeving. Paars geverfd haar verandert het fenotype, maar niet het genotype. Sommige eigenschappen worden vrijwel volledig door het genotype bepaald (bijv. oogkleur), andere door de omgeving (bijv. een litteken), en bij de meeste spelen beide een rol.

Schema 1 — Van genotype naar fenotype



Schema genotype naar fenotype

Basisstof 2 — Chromosomen, geslacht en variatie

Chromosomenparen

De 46 chromosomen in een lichaamscel komen voor in **23 paren**. De twee chromosomen van een paar bevatten informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen. Eén chromosoom van elk paar is afkomstig van de vader, het andere van de moeder.

Geslachtschromosomen

Het 23e paar zijn de **geslachtschromosomen**. Bij een vrouw zijn beide geslachtschromosomen gelijk: **XX**. Bij een man zijn ze verschillend: **XY**.

Het geslachtschromosoom in een eikel is altijd een X. In een zaadcel kan het een X of een Y zijn. Na bevruchting ontstaat XX (meisje) of XY (jongen), en heel soms een andere combinatie (intersekse).

Geslachtscellen en meiose

In **geslachtscellen** (eikel en zaadcel) komen chromosomen niet in paren voor, maar enkelvoudig: elke geslachtscel bevat **23 chromosomen**. Geslachtscellen ontstaan door **meiose**: bij deze speciale celdeling krijgt elke geslachtscel één chromosoom van elk paar. Welk van de twee chromosomen in een geslachtscel terechtkomt, bepaalt het toeval.

Variatie door geslachtelijke voortplanting

Bij bevruchting smelten de kernen van eikel (23 chromosomen) en zaadcel (23 chromosomen) samen tot 46 chromosomen. Doordat het toeval bepaalt welke chromosomen in de geslachtscellen terechtkomen, heeft elke nakomeling een andere combinatie dan de ouders: er ontstaat **variatie in genotypen**.

Basisstof 3 — Genen, allelen en mutaties

Genen en allelen

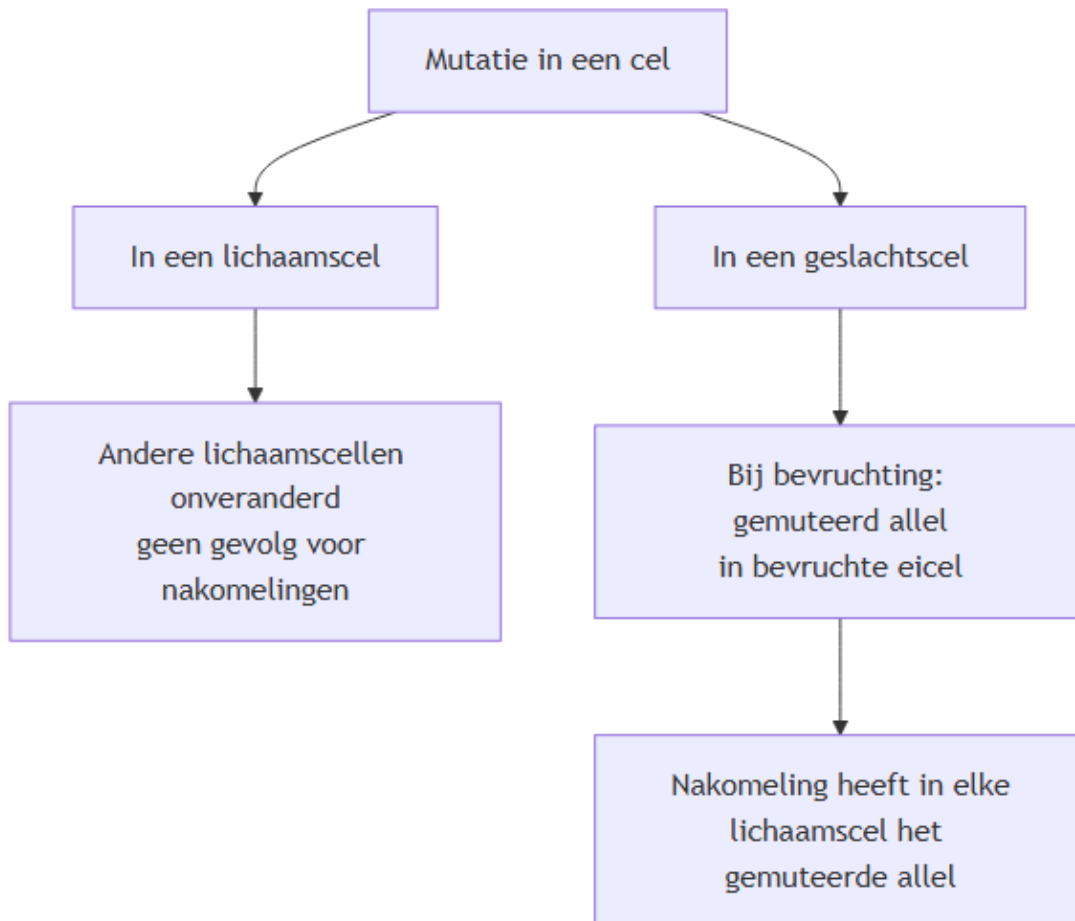
Basenparen die samen nodig zijn voor één eigenschap, vormen een **gen**. De informatie in een gen heet een **genvariant of allel**. Op de twee chromosomen van een paar liggen voor elk gen twee allelen, samen het **allelenpaar**.

- **Homozygoot**: beide allelen voor een eigenschap zijn gelijk.
- **Heterozygoot**: de twee allelen zijn verschillend. Welke eigenschap zichtbaar wordt, hangt af van welk allel het sterkst is (het allel voor bruine ogen is sterker dan dat voor blauwe ogen).

Mutatie

Een plotselinge verandering in het genotype heet een **mutatie**. Daarbij zijn een of meer allelen veranderd. Het verschil tussen een mutatie in een lichaamscel en een mutatie in een geslachtscel is cruciaal:

Schema 2 – Mutatie: lichaamscel versus geslachtscel



Schema mutatie lichaamscel vs geslachtscel

Mutagene invloeden die DNA kunnen beschadigen zijn: straling (radioactief, uv, röntgen) en chemische stoffen (asbest, sigarettenrook).

Een organisme waarbij een mutatie zichtbaar is in het fenotype heet een **mutant**. Een **albino** is een voorbeeld: door mutaties in genen voor melanine-aanmaak kan het lichaam geen pigment maken, waardoor ogen rood lijken en het organisme erg bleek is.

Basisstof 4 — DNA-sequentie, eiwitsynthese en kanker

DNA-sequentie en genexpressie

De volgorde van de basen in het DNA heet de **DNA-sequentie**. Een gen bevat de informatie voor het maken van een specifiek eiwit. **Eiwitten** regelen voor een groot deel de kleur, vorm en werking van het lichaam.

Eiwitsynthese

Bij genexpressie wordt de DNA-sequentie afgelezen en gekopieerd naar **RNA**. Dit kopieerproces heet **transcriptie**. Het RNA brengt de informatie naar een **ribosoom**, waar de code wordt vertaald en het eiwit wordt gemaakt. Dit proces heet **eiwitsynthese**. Eiwitten kunnen functioneren als hormoon, enzym of antistof.

Spontane mutaties en genetische variatie

Bij het kopiëren van DNA tijdens celdeling kunnen fouten ontstaan: **spontane mutaties**. Als zo'n fout in een geslachtscel zit, kan de mutatie worden doorgegeven bij bevruchting. Spontane mutaties vergroten de genetische variatie binnen een soort.

Als op één chromosoom van een paar een allel gemuteerd is, kan het allel op het andere chromosoom de functie overnemen. Zijn beide allelen voor melanine kapot, dan treedt albinisme op.

Kanker

Mutaties in genen die de celdeling regelen, kunnen ertoe leiden dat cellen zich **ongeremd** delen. Er ontstaat dan een **tumor**. Een **goedaardige** tumor groeit langzaam en verstoort de weefselbouw niet. Een **kwaadaardige** tumor (kanker) groeit snel en verstoort de weefselbouw. Kankercellen kunnen via bloed of lymfe worden meegevoerd naar andere lichaamsdelen en daar opnieuw ongeremd gaan delen: **uitzaaiing** (metastase).

Basisstof 5 — Evolutie en het ontstaan van soorten

Evolutie en de evolutietheorie

De ontwikkeling van het leven op aarde waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen, heet **evolutie**. De evolutietheorie is vooral ontwikkeld door Charles Darwin. Hij gaat uit van een periode van miljoenen jaren, variatie in genotypen, natuurlijke selectie en het ontstaan van nieuwe soorten.

Variatie in genotypen

Variatie in genotypen ontstaat door geslachtelijke voortplanting en door mutaties. Nieuwe genotypen kunnen leiden tot nieuwe fenotypen.

Natuurlijke selectie

Niet alle organismen hebben een even grote **overlevingskans**. Organismen die goed aan hun milieu zijn aangepast, hebben een grotere kans om nakomelingen te krijgen en gunstige eigenschappen door te geven. Organismen die slecht zijn aangepast, krijgen minder of geen nakomelingen; hun ongunstige genotype wordt zo vrijwel niet doorgegeven. Darwin noemde dit **natuurlijke selectie**.

Voorbeeld uit de bron: een giraffe met een iets langere nek kan meer blaadjes van bomen eten, heeft meer kans om te overleven en nakomelingen te krijgen die ook een langere nek hebben.

Ontstaan van nieuwe soorten

Als organismen van dezelfde soort **geïsoleerd** raken (door een rivier, bergen, ijs, woestijn of zee), kunnen de twee groepen steeds meer van elkaar gaan verschillen. Na lange tijd zijn ze niet meer in staat om zich onderling voort te planten met vruchtbare nakomelingen: er zijn twee soorten ontstaan. Dit heet soortvorming door **isolatie**.

Als verschillende vormen zich onderling blijven voortplanten, blijven ze één soort (bijv. verschillende hondenrassen).

Basisstof 6 — Fossielen, tijdperken en verwantschap

Fossielen

Fossielen zijn versteende overblijfselen van organismen of afdrukken in gesteenten. Ze ontstaan als resten van organismen snel worden bedekt door **sedimenten** (lagen van zand- of kleideeltjes), zodat bacteriën en schimmels de resten niet volledig kunnen afbreken. Nieuwe sedimentlagen worden boven op oudere afgezet; oudere fossielen liggen dus dieper in de aardkorst.

Van sommige soorten komen fossielen slechts in één gesteentelaag voor: die soorten hebben alleen in een bepaalde periode geleefd en zijn daarna uitgestorven. Fossielen laten zien dat soorten in de loop van de tijd zijn veranderd.

Geologische tijdschaal en geschiedenis van het leven

De geschiedenis van het leven op aarde is onderverdeeld in **tijdperken** en perioden, weergegeven in de **geologische tijdschaal** (mjj = miljoen jaar geleden):

Schema 3 — Geologische tijdschaal (oud → nieuw)

Precambrium
(4600 - 542 mjg)

PALEOZOICUM
Cambrium 542 ·
Ordovicium 488
Siluur 444 · Devoon 416
Carboon 359 · Perm 299

MESOZOICUM
Trias 251 · Jura 200 · Krijt
145

CENOZOICUM
Tertiair 65 · Kwartair 2

Heden

Schema geologische tijdschaal

De aarde bestaat ongeveer **4600 miljoen jaar**. Ongeveer 3800 miljoen jaar geleden ontstonden waarschijnlijk de eerste eenvoudige levensvormen in het water. Rond 3300 miljoen jaar geleden kwamen eencellige organismen die fotosynthese konden uitvoeren, waardoor zuurstof in water en lucht toenam. Ongeveer 1600 miljoen jaar geleden ontwikkelden zich de eerste meercellige organismen. De eerste dieren ontstonden ongeveer 700 miljoen jaar geleden.

Ongeveer **251 miljoen jaar geleden** begon de bloeitijd van de reptielen: allerlei sauriërs op het land, in het water en in de lucht. Tegelijk ontstonden de eerste zoogdieren en vogels. De sauriërs stierven **65 miljoen jaar geleden** in korte tijd uit, waarschijnlijk door een klimaatverandering: een rotsblok van circa 10 km doorsnede sloeg vanuit de ruimte in, met enorme explosies en bosbranden, gevolgd door jarenlange wolken van stof en roet en enorme vulkaanuitbarstingen in Azië. De zoogdieren en vogels overleefden dit. Ongeveer **3 miljoen jaar geleden** ontstonden de eerste primitieve mensachtigen; **Homo sapiens** is **300 000 jaar geleden** ontstaan in Afrika.

Verwantschap van soorten

Soorten die een gemeenschappelijke voorouder hebben, vertonen **verwantschap**. Hoe meer het DNA van soorten overeenkomt, hoe meer ze verwant zijn. Overeenkomst in DNA gaat gepaard met overeenkomst in fenotype en eiwitten. Hoe meer die overeenkomen, hoe korter geleden de gemeenschappelijke voorouder leefde.

De arm van een mens, de vleugel van een arend en de voorvin van een walrus hebben een verschillende functie, maar grote overeenkomst in de bouw van de beenderen. Dit wijst op een gemeenschappelijke voorouder waarbij deze organen door aanpassing aan verschillende milieus een andere functie kregen.

Rudimenten

Door aanpassingen kunnen organen een deel van hun functie verliezen en nauwelijks meer tot ontwikkeling komen. Zulke overblijfselen van organen die bij voorouders nog een functie hadden, heten **rudimentaire organen** of **rudimenten**. Voorbeelden: bij slangen rudimentaire poten (heupbeen en dijbeen); bij mensen staartwervels en verstandskiezen.