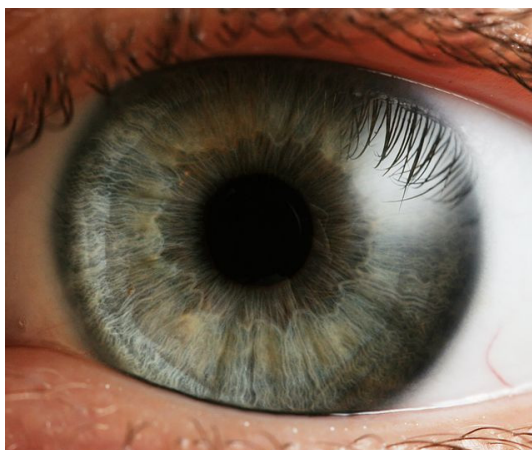


MINIMODULES VOOR 3 HAVO



Bioethanol
Complex rekenen
Cryptografie
Digitaal!

Evolutie van het oog

Forensisch onderzoek
Fractals
Grafentheorie
Navigatie
Zonne-energie

Ontwikkeld voor



Door

Jeroen Borsboom
Hans van Dijk
Arjan de Graaff
Jeroen Heilig
Peter Keeven
Nicole de Klein
Wim Launspach
Henk Ubbels
De Praktijk
Wessel van de Hoef

Auteurs:

*Jeroen Borsboom, PSG Jan van Egmond, Purmerend
De Praktijk, Amsterdam*

Hans van Dijk, Pieter Nieuwland College, Amsterdam

Arjan de Graaf, Bonhoeffer College, Castricum

Jeroen Heilig, Petrus Canisius College, Alkmaar

Peter Keeven, Keizer Karel College, Amstelveen

Nicole de Klein, Fons Vitae Lyceum

Wim Launsspach, Hermann Wesselink College, Amsterdam

Henk Ubbels, Oscar Romero, Hoorn

Zonne-energie

Grafentheorie

Fractals, Digitaal!

Navigatie

Complex rekenen

Forensisch onderzoek

Cryptografie

De evolutie van het oog

Bioethanol

Eindredacteurs:

Hans van Dijk

*Pieter Nieuwland College, Amsterdam
Amstel Instituut, Amsterdam*

Wessel van de Hoef

*Fons Vitae Lyceum, Amsterdam
Amstel Instituut, Amsterdam*






Beste leerling,

Dit jaar een profiel kiezen, met nieuwe vakken?

Als je een natuurprofiel (natuur en gezondheid of natuur en techniek) kiest, krijg je misschien de gelegenheid ook het vak 'Natuur, Leven en Technologie' (NLT) te kiezen. In dat vak worden interessante modules aangeboden, waarin de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, aardrijkskunde en wiskunde veelal gecombineerd worden aangeboden. In het vak NLT moet je vooral veel *doen* en kom je vaak in aanraking met onderzoek doen en technisch ontwerpen.

Om je wat van die NLT-modules te laten proeven en je vertrouwd te maken met dit nieuwe vak zijn er lesbrieven ontwikkeld voor leerlingen van klas 3. Deze 'minimodules' geven je een idee van hoe het in NLT en in andere nieuwe vakken, zoals wiskunde D en informatica aan toe gaat.

Alle minimodules hebben dezelfde opbouw, wat het werken ermee vergemakkelijkt. Je zult in de modules veel icoontjes tegenkomen. Deze icoontjes hebben de volgende betekenis:

-  : Leestekst
-  : Achtergrondinformatie
-  : Opdracht
-  : Practicumhandeling
-  : Internetopdracht

We wensen je veel plezier bij het maken van deze minimodule. Hopelijk vind je de inhoud van deze minimodules leuk en interessant genoeg om in ieder geval een natuurprofiel te kiezen en misschien wel NLT, wiskunde D of informatica.

De auteurs

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	Het oog	Blz. 5
§ 1.1	Creationisme versus evolutie	Blz. 5
§ 1.2	De opbouw van het oog	Blz. 5
Hoofdstuk 2	Evolutie van het oog	Blz. 8
§ 2.1	Een vroeg oog	Blz. 8
§ 2.2	De Nautilus	Blz. 9
§ 2.3	Ontwikkeling van de lens	Blz. 10
Hoofdstuk 3	Experimenten over eenvoudige ogen	Blz. 12
Bijlage	Experimenten over eenvoudige ogen	Blz. 14

Studieplanner

Les	Datum	Stof	k/z	Omschrijving
1				
2				
3				

Hoofdstuk 1 Het oog

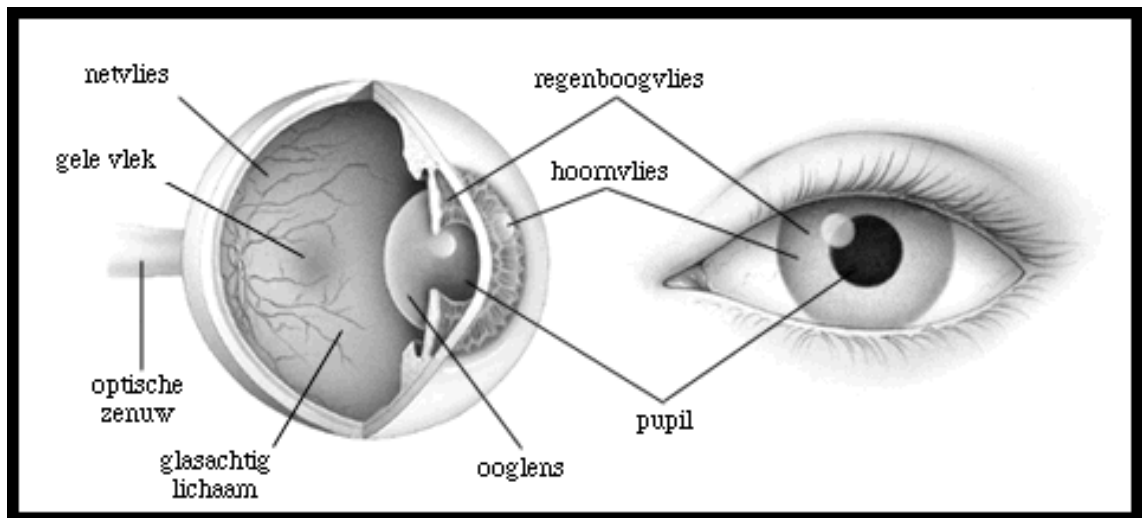
§ 1.1 Creationisme versus Evolutie

Deze les gaat over de evolutiegedachte, waarvoor de Engelsman Charles Darwin de basis gelegd heeft. Hij aarzelde zo'n twintig jaar, voordat hij tot publicatie van zijn inzichten overging. De reden was dat hij grote maatschappelijke weerstand verwachtte in de toen (1859) nog sterk christelijk-gelovige samenleving. (Het was het jaar 1859). Die weerstand had hij goed voorzien. Die gaat door tot de dag van vandaag. Voor mensen die de bijbelse teksten als letterlijke waarheden beschouwen (en niet als voorbeeldvertellingen om mensen tot moreel acceptabel gedrag te brengen) is de evolutiegedachte bedreigend. Een goddelijke schepper is dan namelijk overbodig.

Ze zijn dan ook met allerlei argumenten gekomen om aan te tonen dat Darwins evolutieopvatting niet deugt. Dat gebeurt al zo'n 150 jaar. Een beroemd voorbeeld om de evolutietheorie onderuit te halen betreft het menselijk oog. Inderdaad, als je er bij stilstaat, is ons oog eigenlijk een wonder van techniek. Zou zoiets 'zomaar' kunnen ontstaan? Door een reeks toevalligheden in de natuur? Wie gelooft dat nou? Het ligt veel meer voor de hand dat 'iets' het doelgericht heeft *ontworpen*! Deze overtuiging wordt het creationisme genoemd.

Kijk hieronder maar eens hoe ingewikkeld het oog in elkaar zit.

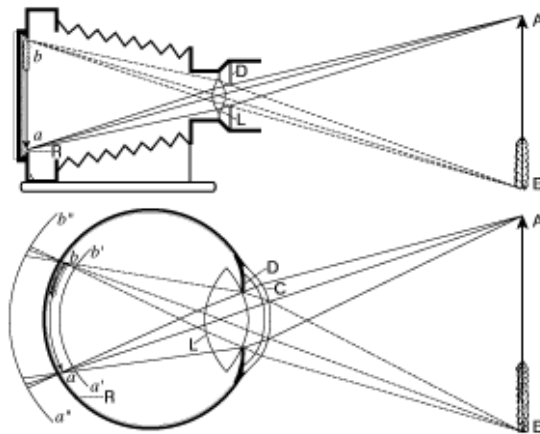
§ 1.2 De opbouw van het oog



Afbeelding 1: Het menselijk oog.

- De binnenzijde van je oogbol heeft op zijn achterwand een fotogevoelige laag zitten, het netvlies. Dit heeft dezelfde functie als het filmrolletje in een analoog fotoestel en de sensor-achterwand van een digitale camera.
- Om de lichthoeveelheid die daar op valt te regelen heb je een pupil, net zoals een camera een diafragma heeft
- Om voor verschillende afstanden scherp te kunnen stellen heb je een vervormbare lens. Hoe boller, des te sterker. Een camera bereikt hetzelfde door een niet-vervormbare lens wat verder naar voren of naar achteren te verplaatsen.
- Er is één plek supergevoelig, dat is de gele vlek. Als je ergens op focust, komt hier het beeld terecht. (Dat is een voorziening die een camera niet heeft.)

- ✎ 1) Vraag je docent om een oude camera en zoek uit waar de genoemde onderdelen zitten. Kijk bij de geopende achterwand hoe het toestel functioneert. Neem er een model van het oog bij en zoek de vergelijkbare onderdelen.



Afbeelding 2: Vergelijking tussen camera en oog. In beide gevallen ontstaat een omgekeerd beeld a-b. De tekening van de (ouderwetse) camera laat goed zien dat daar de lens verplaatst kan worden, dankzij de zigzagdoek. In ons oog is dat niet het geval. Dat betekent dat als de straal van het oog niet helemaal goed is, er een beeld ontstaat voor of achter het netvlies met als gevolg wazig zicht.


Je kunt je nauwelijks voorstellen hoe zo'n oog, een biologische camera dus, in de natuur kan ontstaan door een proces van evolutie. Een proces waarbij een waterval van heel kleine toevallige veranderingen uiteindelijk leidt tot dit 'slimme' levende fotoestel. Ook Darwin zelf zat er mee. In zijn beroemde boek, "The Origin Of Species" zegt hij, vrij vertaald, het volgende:

"Als je naar het oog kijkt met zijn oneindige vindingrijkheid, namelijk om het brandpunt van de lens aan te passen aan verschillende beeldafstanden, om de hoeveelheid binnenvallende licht te kunnen variëren, en om fouten te kunnen corrigeren, die ontstaan door de bolling van de lens en doordat de verschillende kleuren niet in dezelfde mate worden gebroken...dan lijkt het absurd tot in de hoogst mogelijke graad – ik geef het vrijelijk toe - om te veronderstellen dat het oog gevormd zou kunnen zijn door natuurlijke selectie.

En toch zegt logisch redeneren me, dat als bewezen kan worden dat er talloze gradaties bestaan tussen aan de ene kant een zeer onvolmaakt en eenvoudig oog en aan de andere kant een volmaakt en ingewikkeld oog – en als elke tussenvorm nuttig is voor zijn eigenaar – en als er bovendien aanhoudend kleine verschillen zijn tussen ogen die erfelijk zijn (hetgeen zeker het geval is) , en als die verandering voor een dier nuttig is onder de veranderende levensomstandigheden op aarde.....dan kan die moeilijkheid om te geloven dat een volmaakt en ingewikkeld oog gevormd kan worden door natuurlijke selectie nauwelijks beschouwd worden als een werkelijke moeilijkheid. Ze gaat ons voorstellingsvermogen te boven, maar niet ons verstand.”

Het is precies dit onderwerp waar bovengenoemde christelijke kritiek zich op richtte. Betoogd werd dat een oog natuurlijk pas werkt als alle onderdelen goed op elkaar afgestemd zijn. In een ontwikkelingsproces, zoals evolutie, zouden sommige onderdelen er aanvankelijk nog niet zijn. Of nog niet tot een perfecte vorm zijn uitontwikkeld. En wat heb je nou aan een half oog? Niets natuurlijk!. Dus kan er geen sprake zijn geweest van een evolutionaire ontwikkeling. Het kan niet anders of het oog moet meteen in een perfecte vorm ten tonele zijn verschenen. Dat maakt een scheppende kracht, die het oog klaar afleverde noodzakelijk: God of anders een of andere vorm van ID (Intelligent Design).

Het betoog nam ook een ander ingewikkeld apparaat als voorbeeld: een vliegtuig. De redeneertrant was ongeveer als volgt: Stel je voor dat een schroothoop op de route ligt van een enorme wervelstorm. Hoe groot is dan de kans dat de onderdelen zodanig uit de lucht komen terugvallen, dat er door louter toeval een werkende Boeing 747 ontstaat?

-  2) Bedenk nu in tweetallen wat je zelf vind over deze weerlegging van de evolutietheorie. Is de kritiek volgens jullie terecht of niet? Schrijf jullie standpunt op en toon het je docent. Vervolgens krijg je nieuwe informatie.

Hoofdstuk 2 Evolutie van het oog

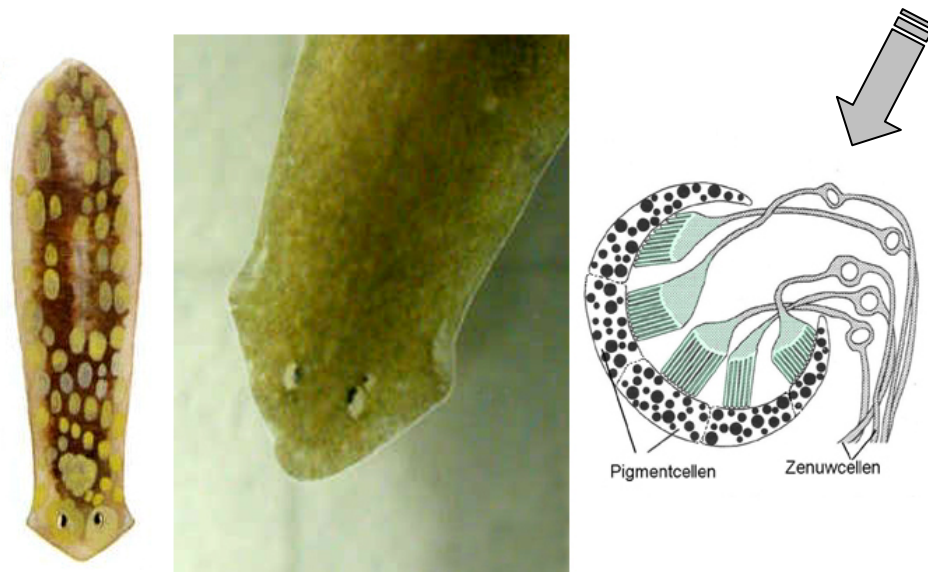
Bij natuurwetenschap gaat het altijd om het stellen van de goede vragen. In dit geval moet daar dus het besef in verwerkt zijn dat zo'n oog helemaal niet pats-boem tot stand kwam, maar in de loop van een langdurig ontwikkelproces met vele tussenstadia. Een goede startvraag zou hier dus zijn: hoe ziet aan het begin van die reeks - dus bij een eenvoudige ongewervelde - dat oog er eigenlijk uit?

En hoe kun je je voorstellen dat van daaruit geleidelijk hoogontwikkelde oogtypen tot stand kwamen in een proces van honderden miljoenen jaren?

Dat is het onderwerp van het korte experimentele practicum, dat je straks gaat doen. Maar nu eerst iets meer over de evolutie van het oog, want die basiskennis heb je nodig.

§ 2.1 Een vroeg oog

Platwormen zijn onopvallende diertjes van een paar cm lang, die ook in ons land in sloten en plassen leven. Voor ons gevoel kijken ze scheel. Ze beschikken over een eenvoudig paar ogen: twee verzonken, komvormige oogvlekken, waarmee ze enigszins kunnen vaststellen uit welke richting het licht (de grijze pijl) komt. (In het getekende voorbeeld zullen immers alleen de onderste lichtreceptoren (het kamvormige onderdeel) licht ontvangen, de bovenste niet.)



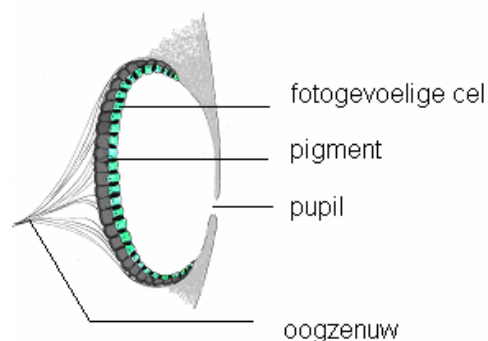
Afbeelding 3: De ogen van een platworm. De rechter afbeelding is een doorsnede er van. Daar zie je dat het zwart van het oog in de foto niet een pupil is, maar een zwarte pigmentlaag. Deze dient om het binnenvallende licht (grijze pijl), nadat het gedetecteerd is (door het kamvormige uiteinde van de zenuwcel) te absorberen. Dit voorkomt dat lichtstralen doorreizen naar het andere oog en daar opnieuw gedetecteerd worden

Wat kan zo'n platworm met een dergelijk oog waarnemen? In elk geval *geen* beeld van voorwerpen om hem heen. Er is immers geen lens die scherpe afbeeldingen op zijn 'netvlies' kan projecteren. Wel kan hij registreren waar het in zijn omgeving licht is en waar donker. Ook kan hij enigszins vaststellen uit welke richting het licht komt. Hij kruipt dan de andere kant op, naar het donker. Daar is het voor hem het veiligst.

Hoe kun je je voorstellen dat zo'n eenvoudig oog is ontstaan? De eerste stap in de evolutie van het oog moet zijn geweest de vorming van lichtgevoelige cellen in of vlak onder de huid. Geleidelijk aan kreeg het geheel de vorm een oppervlakkig kuiltje. Voor het eerst was er nu een dier dat de mogelijkheid had om onderscheid te maken tussen verschillen in lichthoeveelheden vanuit verschillende richtingen. Dit laatste ging beter naarmate het kuiltje dieper werd en de vorm van een kom aannam. Immers, bij een vlakke oogvlek worden de lichtgevoelige cellen geraakt ongeacht de richting van het licht, terwijl bij een komvormige oogvlek de hoek, waaronder het licht binnenvalt, bepaalt of het wordt geregistreerd. Kijk maar naar de tekening van het platwormoog. De bovenste ontvanger registreert nu geen licht. Kwamen de lichtstralen echter onder een hoek van 90 graden vanaf rechts binnenvallen, dan wél. Maar dan zouden de onderste drie ontvangers geen licht ontvangen. Dergelijke ogen bestaan al 500 miljoen jaar. Fossiele slakken van lang geleden beschikten over dergelijke ogen en onder de nu levende dieren vind je ze, zoals je gezien hebt, bij bijvoorbeeld de platwormen.

§ 2.2 De Nautilus

Naarmate het oogkuiltje dieper is, is een dier beter in staat om de richting waaruit het licht komt te bepalen. Uiteindelijk is de ontwikkeling doorgegaan tot een bolvormig oog, waar het licht alleen via een kleine pupil kan binnentreden. Met bovendien een groter aantal lichtgevoelige cellen geeft dit oog preciezere visuele informatie. Een dergelijk oog heeft de Nautilus, een inktvis met een slakkenhuis, die behoort bij een groep inktvissen, waarvan de overige vertegenwoordigers zijn uitgestorven. In de afbeelding zie je zijn oog in doorsnee. Je kunt vaststellen dat hij *geen* lens heeft. Het is zelfs zo, dat het zeewater zijn oog in en uit kan lopen via de pupil. (De streep er onder is geen spleet, zoals je misschien denkt, maar een kwestie van kleuring.)



Afb. 4. Nautilus en zijn oog (dwarsdoorsnede).

Een oog zonder lens kan dus functioneren! Dit laat opnieuw zien dat het niet in één keer een 'Boeing 747 oog' hoeft te zijn met alles er op en er aan en met alle onderdelen uitstekend op elkaar afgestemd. Ook een oog in een tussenstadium kan zijn eigenaar al heel wat bieden. Daarvan kan zelfs ons eigen oog ons een indruk geven.

Wat denk je, zou ons eigen oog nog kunnen functioneren zonder lens? Je eerste reactie is waarschijnlijk 'Nee, natuurlijk niet!'. De werkelijkheid is echter anders. Het komt namelijk wel eens voor dat er bij iemand om medische redenen de ooglenzen moet worden verwijderd. Dat overkwam de 35-jarige Filiep. Na de ingreep meldde hij dat tot zijn verbazing zijn oog geen nutteloos lichaamsdeel bleek, maar dat hij er nog best iets mee zag. Aan een half oog heb je dus nog best iets! (De verklaring zit hem onder andere in het gebogen hoornvlies. Dit verzorgt qua lichtbreking ongeveer een derde deel van de benodigde lenswerking.)

Je kunt je voorstellen dat het vormen van zo'n lens noodzakelijkerwijs ontzettend veel evolutietijd kost. Mis!

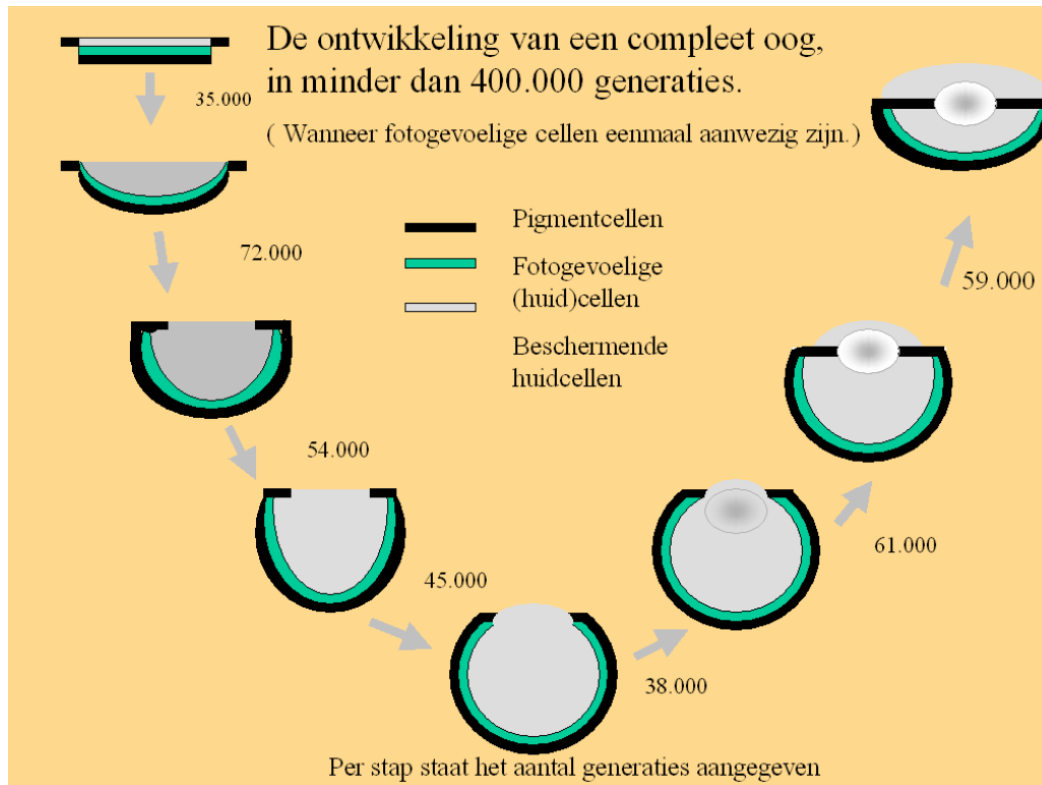
§ 2.3 Ontwikkeling van de lens

Een werkende ooglenzen kan door een evolutionair proces waarschijnlijk binnen een miljoen jaar gemaakt worden. Evolutionair supersnel dus. Dat is tenminste de verbluffende uitkomst van een rekenprogramma, dat in kleine stapjes een vlakke, onderhuidse oogvlek laat veranderen tot een standaard bolvormig vissenoog met alles er op en er aan.

Als bij een denkbeeldig dier - elke keer dat er jongen zijn - vooral die nakomelingen met een ietsje beter oog de voortplantingsleeftijd bereiken (terwijl de overige nakomelingen wat vaker worden opgegeten), zijn er minder dan 400.000 generaties (ministapjes) nodig om tot nakomelingen te komen met een volledig oog. Bij een dier dat zich binnen 2 jaar voortplant (en dat geldt voor veel kleine dieren) kan dat hele proces binnen een miljoen jaar hebben plaatsgevonden. Voorwaarde is natuurlijk wel een omgeving waarin de bezitters van betere ogen een bonus genieten: betere overlevingskansen.

De tijd die ons daadwerkelijk scheidt van dat startmoment (de geologische tijd met de naam Cambrium), is ruim 500 miljoen jaar. Tijd zat dus! Er begon in die tijd namelijk een 'wapenwedloop' tussen prooidieren en jagers. Dat zorgde ervoor dat het heel wat uitmaakte wanneer een oog net een tikkeltje beter was! Je kunt je voorstellen dat een prooidier met een ietsje beter oog zijn belager net wat eerder kon waarnemen en zich nog net op tijd kon verstoppen in een of andere holte. De meeste van zijn broertjes en zusjes hadden een net wat minder goed werkend oog en werden in de loop van hun jeugd langzamerhand allemaal opgegeten. Een verschil tussen leven en dood dus.

Aan de kant van de jagers gebeurde hetzelfde. Als hun ogen minder waren dan die van hun prooidieren, vingen ze te weinig en gingen dood van de honger. Alleen de jagers met even goede ogen als hun prooidieren konden overleven. Zo dwongen jagers en prooidieren elkaar in dezelfde richting: de ontwikkeling van steeds betere ogen.



Afbeelding 5: Berekende aantal generaties die voor elke evolutionaire tussenstand in de oogontwikkeling nodig zijn.

Vind je dat geloofwaardig? Dat nu net op de plek waar een lens goed uit zou komen, zich daadwerkelijk een lens gaat ontwikkelen? Of is dat eigenlijk super onwaarschijnlijk? We zijn gekomen bij de onderzoeksvraag. Het wordt tijd voor een experiment!

Hoofdstuk 3 Experimenten over eenvoudige ogen

Je werkt in twee tweetallen. De benodigde technische informatie vind je in de bijlage (blz. 14).

Het experiment wordt hier alleen op hoofdlijnen beschreven en niet van stap tot stap voorgekamd. Jullie maken er zelf een verslag van volgens de regels die gelden voor een natuurwetenschappelijk onderzoek. (Probleemstelling, hypothese ...enzovoort.)

Dat betekent dus ook dat je de bovenstaande informatie in een korte inleiding samenvat.

Je begrijpt dat alles zó opgeschreven moet worden, dat een ander jullie experiment over moet kunnen doen.

Elk tweetal demonstreert na afloop aan het andere tweetal wat ze gevonden hebben. Het verslag wordt met z'n vieren geschreven. Elk groepslid is er in gelijke mate verantwoordelijk voor.

Vergeet niet je verslag te besluiten met een conclusie en een discussie! Bediscussier daarbij de volgende vraag:

“Is het stapsgewijs, evolutionair ontstaan van een lens uit transparante cellen een tamelijk onmogelijke of een tamelijk voor de hand liggende gebeurtenis?”



Kan er een beeld ontstaan in een Nautilus-oog? (Eerste tweetal)

Maak een opstelling (zie bijlage).

- Stel vast wat de beeldkwaliteit is, wanneer licht door een heel kleine opening gaat. Beoordeel de scherpte er van en de scherptediepte (de afstand waarover het beeld scherp blijft). Beoordeel ook hoe lichtsterk je beeld is.
- Stel tenslotte vast wat er gebeurt met de scherpte, wanneer je de pupildiameter vergroot.
- Waarschijnlijk zijn jullie eerder klaar dan het andere tweetal. Maak dan voor hun experiment bijvoorbeeld de ronde, lensvormige waterlens (zie onderdeel 2b)



Kan gewoon water enigszins als lens fungeren? (Tweede tweetal)

Als beginpunt nemen we het oog, zoals dat na ongeveer 150.000 generaties er uit zag. (Zie in afbeelding 5 het vierde oog van links). Levende wezens bestaan voor 70 tot 80 procent uit water. Het is dus een voor de hand liggende aanname om er van uit te gaan dat er oogtypen voorkwamen, waar het licht eerst iets waterigs passeerde (cellen), voordat het door de lichtgevoelige cellen (groen in de afbeelding) ontvangen. Heel wat cellen zijn tamelijk transparant, want met een microscoop kijk je er dwars doorheen. Kleine waterzakjes dus, met daarin ook nog wat andere stoffen zoals eiwitten. Vat ze in gedachten samen tot één groot zakje en je bent bij het tweede experiment gearriveerd.

De vraag daarbij is of de lichtpassage door een waterbel de eigenaar van een dergelijk oog enige beeldverbetering opleverde. (Als dat antwoord positief is, dan is een evolutionair verbetertraject van vele duizenden stapjes naar een uiteindelijke echte lens een reële mogelijkheid).

Echte celmembranen om een zakje van te maken zijn lastig te regelen, maar met plastic zakjes is het idee ook uit te voeren. Bekijk de informatie in de bijlage. Maak dan een proefopstelling. Doe experimenten. Kijk ook eens of plantaardige olie andere resultaten geeft. (Aangezien onze lens bestaat uit een bepaald eiwit, kristalline, ligt het voor de hand om als vloeistof het glazige deel van kippeneiwit te nemen. Dit blijkt echter te troebel om een beeld te geven.)

Naast een plastic zakje kun je de experimenten herhalen met iets anders. Weliswaar door de mens gemaakt, maar nooit ontworpen om als lens te dienen: cognacglazen of andere ronde wijnglazen. Deze hebben naast hun transparantie, ook hun gladde oppervlak als voordeel. Dit komt de beeldvorming ten goede.

Bijlage bij de experimenten

Experiment 1.

Experimenteer met zeer kleine pupillen (1-5 mm) en kijk wat het effect van hun grootte is op de beeldvorming. In de natuur heeft een dier als een Nautilus zo'n kleine pupil.

Neem een scherm (karton) en gebruik op de plaats van de pupil een schuifbaar, dun kartonnetje met pupillen in toenemende grootte van 1 t/m 5 mm. Dan kun je makkelijk van de ene pupilgrootte overgaan naar de andere.

Neem een diaprojector, waarvan de lens kan worden verwijderd. (Bij bepaalde typen draai je deze er zo uit.) Doe er dan een dia in van een letter, zwart/wit, en zet de projector aan.



Afbeelding E1. Links de projector, rechts het scherm. Het licht(pijl) valt er door via een 'pupil'.



Afbeelding E2. Links weer de projector, maar nu gaat het licht eerst door een bol waterzakje, voordat het (eventueel) een beeld vormt op de verplaatsbare wand.

Experiment 2a.

Neem weer de lensloze projector. Stel vast wat de beeldkwaliteit is op de achterwand. (Dat kan heel slecht zijn.) Hang een met water gevuld plastic zakje in de lichtbundel op ongeveer 20 cm voor de projector. Zet op ongeveer 100 cm vanaf de projector een wit scherm. Ook deze zul je qua afstand waarschijnlijk moeten bijstellen: je zoekt waar de beste beeldkwaliteit ligt.

Let op! Dat hoeft geen scherp beeld te zijn! De onderzoeksvraag was of een waterige lens leidt tot beeldverbetering. Noteer de afstanden duidelijk!

- a. Beweeg het plastic zakje horizontaal in de lichtbundel en zoek uit of er een redelijk beeld kan worden gevormd en op welke afstand je je 'lens' dan hebt.
- b. Zoek uit of de vorm van de zak (meer of minder plat) uitmaakt voor de beeldvorming. Je kunt daarvoor ook een betere waterlens maken door uit huishoudfolie twee gelijke cirkels te knippen en deze op de rand met tape aan elkaar te plakken (op een vulopening na, natuurlijk!)
- c. Ga na of de inhoud van het zakje (water/olie/ ...) uitmaakt voor de beeldvorming.

Experiment 2b

Herhaal het vorige experiment, maar nu met een cognacglas, likeurglas en borrelglas. (En die vul je dan met water of olie).

Noteer de grootste diameter van het glas (dan weet je ook de straal, dus de mate van kromming).

Noteer ook in welke mate de glaswand in horizontale en verticale richting gekromd is.

Heeft die kromming effect op je beeld?

Afsluiting.

Wanneer iedereen zijn verslag heeft ingeleverd, volgt een klassikale discussie. Aan bod komen in ieder geval de volgende punten:

- Is deze gang van zaken waarschijnlijk of onwaarschijnlijk?
- De betekenis van experimenteren bij oplossen van langdurige woordenstrijd.