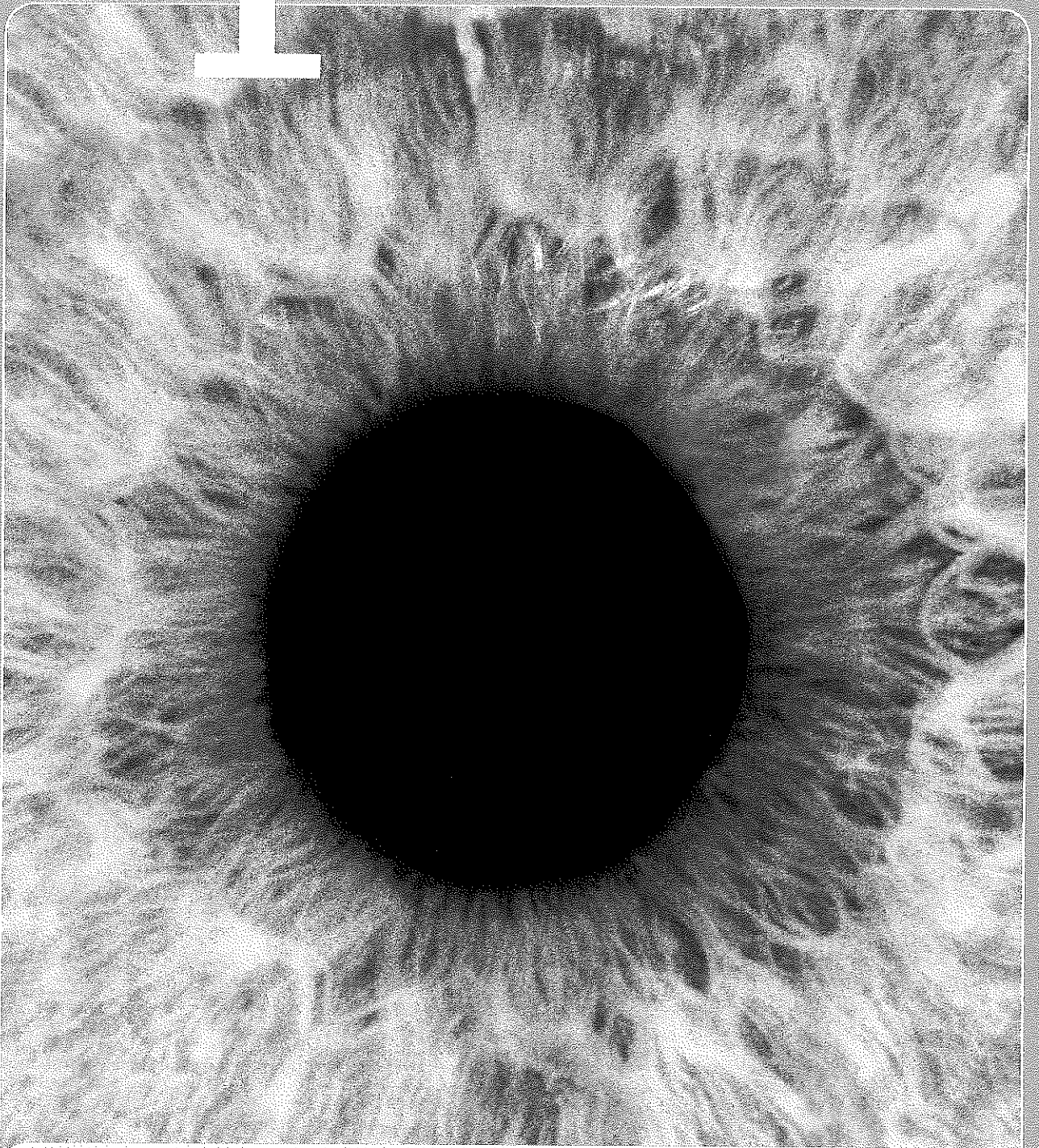


Thema 1 Lichtreceptoren



Waarover gaat dit thema?

Organismen krijgen veel informatie over hun omgeving in de vorm van **lichtprikkels**. Mens en dier registreren lichtprikkels met hun ogen. Daarin bevinden zich lichtgevoelige cellen, **lichtreceptoren** of **fotoreceptoren**, die lichtprikkels omvormen tot elektrische signalen (impulsen). Die signalen worden naar de hersenen vervoerd. Dat leidt tot de gewaarwording van het zien.

In dit thema leer je hoe ingenieus het **menselijk oog** gebouwd is en functioneert om scherpe beelden van de omgeving te maken. Ook enkele **stoornissen van het oog**, zoals scheelzien, cataract en accommodatieafwijkingen komen aan bod. Daarbij bespreken we de oorzaak van de stoornissen en hoe ze kunnen gecorrigeerd of behandeld worden.

1 Bouw van het oog

1.1 Beschermende delen rond het oog

Het oog is gelegen in de **oogkas**. Dat is een trechtervormige holte die gevormd wordt door meerdere beenstukken van de aangezichts-schedel.

De oogbol heeft een diameter van ongeveer 24-25 mm en is omgeven door een **vetkussen**. Het vet vult de ruimte tussen de oogkas en de oogbol op. Op die manier is het oog zowel beschermd door een benig omhulsel als door een zacht omhulsel. Het vetkussen houdt de oogbol op zijn plaats en kan schokken opvangen.

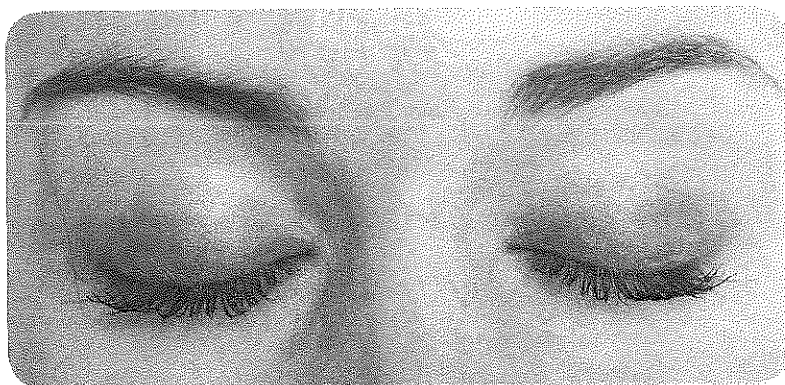


Fig. 1.1 Beschermende delen rond het oog

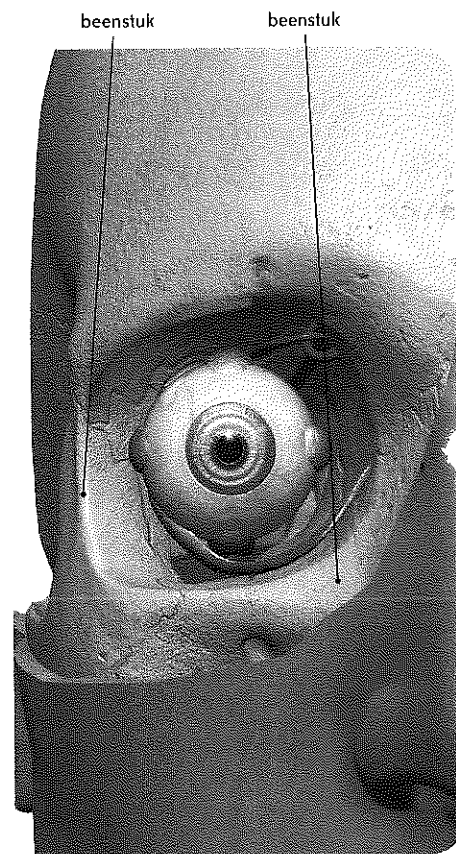


Fig. 1.2 Tussen de benige oogkas en de oogbol is er ruimte voor het vetkussen.



OPDRACHT 1

Op Fig. 1.1 zie je 3 beschermende delen rond het oog. Vul de tabel in.

beschermend deel rond het oog	functie
wenkbrauw	verhindert dat water en zweet van het voorhoofd rechtstreeks in het oog lopen
ooglid	beschermt het oog tegen stofdeeltjes en te fel licht
wimpers	beschermen het oog tegen inwaaiend stof

Zonder dat we ons daarvan bewust zijn en buiten onze wil om, sluiten we de oogleden reflexmatig. Die reactie is de **lidslagreflex**. Met het volgende **experiment** onderzoeken we wat de functie van de lidslagreflex is.



AAN DE SLAG 2 Lidslagreflex onderzoeken

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvraag: Wat is de functie van de lidslagreflex?

Hypothese: De lidslagreflex beschermt het oog.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Bekijk de ogen van een klasgenoot gedurende 1 minuut. Tel het aantal keren dat de lidslagreflex optreedt. Draai de rollen ook eens om.
Waarom vertonen we spontaan deze lidslagreflex?

om de ogen te bevochtigen

- 2 Vraag nu je klasgenoot je goed geconcentreerd aan te kijken en het hoofd niet te bewegen. Je nadert snel met gesloten handen zijn ogen en op het laatste nippertje spreid je je handen. Draai de rollen ook eens om.
Waarom treedt de lidslagreflex nu op?

om je ogen te beschermen

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Formuleer op basis van de waarnemingen een besluit en stel eventueel de hypothese bij.

De lidslagreflex beschermt het oog tegen uitdroging en tegen gevaar.

Om te voorkomen dat het oppervlak van het oog zou uitdrogen, wordt het continu vochtig gehouden door het traanvocht van de **traanklieren**. Deze klieren liggen zijdelings in de bovenhoeken op de oogbol.

Taanvocht is vooral water met een beetje zout. Het bevat ook een bacteriedodende stof en heeft daardoor een ontsmettende werking. Via een aantal afvoerbuisjes komt het traanvocht op de voorkant van het oog terecht en wordt het door de ooglidbewegingen uitgesmeerd.

Het **traanvocht wordt continu afgevoerd** via twee traankanaaltjes die samenkomen in het traanzakje. Het traanbuisje verbindt het traanzakje met de neusholte, waar het traanvocht zal verdampen.

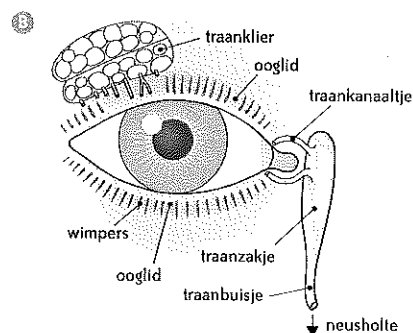
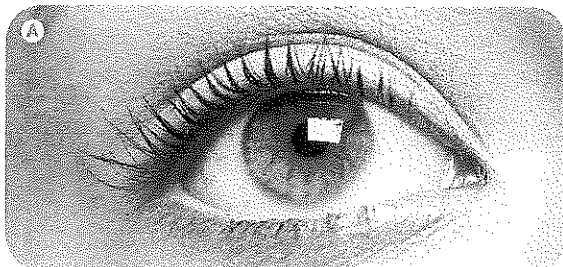


Fig. 1.3 De wimpers (A) en de traanklier met afvoeren (B) van het rechteroog



OPDRACHT 2

Op Fig. 1.3B kun je de afvoerweg voor het traanvocht volgen. Leid daaruit af waarom je gaat snotten bij koude en als je huilt.

Bij koude verdampt het traanvocht in de neusholte niet snel genoeg.

Als je huilt, produceer je zoveel traanvocht dat de neusholte het niet kan verwerken.

1.2 Oogspieren

Onze ogen maken voortdurend bewegingen. Daarvoor zijn er op de oogbol zes oogspieren aangehecht: vier rechte en twee schuine. De **rechte oogspieren** gebruik je om de ogen naar links en naar rechts te bewegen en om naar boven of naar onder te kijken.

De bovenste en onderste rechte oogspieren zijn zo gericht dat ze tegelijk de oogbol naar de neus richten. De **schuine oogspieren** compenseren dat en beletten zo dat je scheelziet.

Gewoonlijk werken de zes oogspieren zo samen dat beide ogen op eenzelfde punt gericht zijn. Dat punt is het **fixatiepunt**.

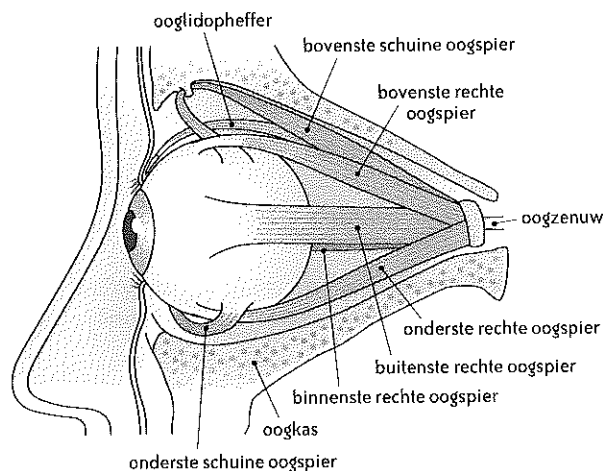


Fig. 1.4
De linkeroogbol
met daarop de zes
oogspieren aangehecht



OPDRACHT 3

Op Fig. 1.4 staat de ooglidopheffer aangeduid.

- a De ooglidopheffer wordt niet tot de oogspieren gerekend. Waarom niet?

De ooglidopheffer is niet aangehecht op de oogbol, maar op het bovenste ooglid.

- b Wat is de functie van de ooglidopheffer?

Het bovenste ooglid omhoogtrekken om het oog te openen.



OPDRACHT 4

- a Scheelzien is een stoornis in de functie van de oogspieren. Iemand die scheelziet of loenst, ziet een dubbel beeld. Hoe komt dat?

De oogspieren zijn niet in staat de beide ogen te richten op het fixatiepunt.

Elk oog vormt dan een eigen beeld, waardoor je dubbelziet.

- b Bij kinderen kan scheelzien behandeld worden door het goede oog af te dekken. Wat is de bedoeling hiervan?

De spieren van het wegdraaiende oog meer te oefenen.

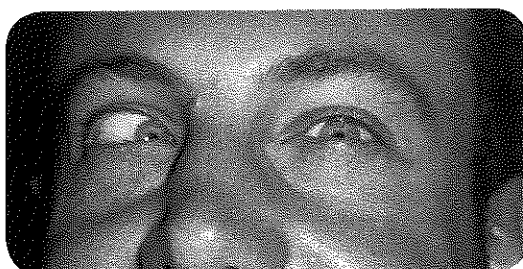


Fig. 1.5 Scheelzien

1.3 Inwendige bouw van het oog



AAN DE SLAG 3 Dissectie van een varkensoog

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

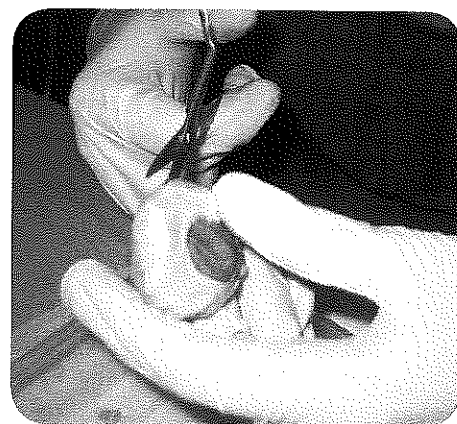
Wat heb je nodig?

- varkensoog
- petrischaal
- dissectiebak of bord
- wegwerphandschoenen
- scherp mes
- keukenrolpapier
- schaar met scherpe punten
- pincet

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Snijd met de schaar de spieren en het vet rond de oogbol weg.
De harde witte buitenlaag is het **harde oogvlies**. Vooraan is het doorzichtig en wordt het **hoornvlies** genoemd. Achteraan de oogbol vind je de dikke witte **oogzenuw**.



- 2 Maak met het mes een ondiepe snede langs een lijn die de evenaar is als hoornvlies en oogzenuw de polen zijn. Snijd met de schaar langs die evenaarlijn het harde oogvlies door. Steek de punt van de schaar niet te diep om de onderliggende zachte delen niet te beschadigen.

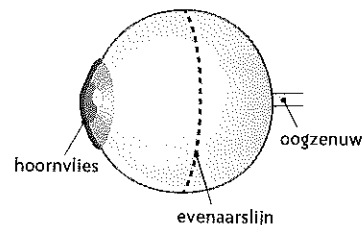


Fig. 1.6

- 3 Verwijder de doorzichtige delen uit de twee 'kommetjes' die nu ontstaan zijn en leg ze in de petrischaal.

Het grootste en slapste deel is het **glasachtig lichaam**, het kleinste deel is de **lens**.

- 4 Houd de lens voor je oog en kijk naar buiten. Je ziet een verkleind en omgekeerd beeld.
- 5 Leg de lens op een gedrukte tekst. Het beeld wordt vergroot zoals bij een loep.
- 6 Druk lichtjes op de lens en je zal vaststellen dat ze veerkrachtig is.
- 7 Binnen het achterste kommetje – dat met de oogzenuw – ligt een dun grijsgeel vlies. Dat is het **netvlies**. Je kunt het met het pincet wegduwen. Op één plaats blijft het vasthangen: dat is de **blinde vlek**, de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat. Door contact met de lucht zal het netvlies vlug ontvaarden.
- 8 Onder het netvlies zit een donkere laag: het **vaatvlies**, rijk aan bloedvaten.
- 9 In het andere kommetje kun je met het pincet het vaatvlies losmaken van het harde oogvlies. Je bemerkt dat het vaatvlies overgaat in twee delen: naar binnen toe een zwarte zoom, het **straallichaam**; naar buiten toe gaat het over in de iris met de **pupil**.
- 10 De ruimte tussen het hoornvlies en de lens is de **voorste oogkamer**. Tussen de iris en het straallichaam is er de **achterste oogkamer**.

1.3.1 Oogbolwand

De wand van de oogbol bestaat uit drie lagen, ook **oogvliezen** of **oogrokken** genoemd.

- **Hard oogvlies**

Het **harde oogvlies** is de **buitenste oogrok**. Het is wit van kleur en erg dik, waardoor het de hele oogbol beschermt. Vooraan is het harde oogvlies doorzichtig en heet het **hoornvlies**. Het hoornvlies is sterker gekromd dan het harde oogvlies en puilt daarom wat naar voren uit.

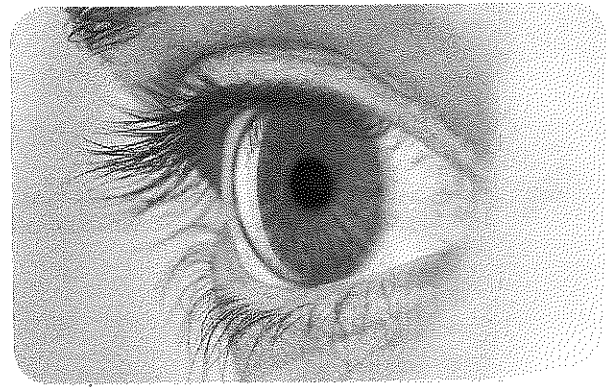


Fig. 1.7 Hard oogvlies, hoornvlies, iris en pupil van het rechteroog

- **Vaatvlies**

Het **vaatvlies** vormt de **middelste oogrok**. Het is rijk aan bloedvaten en heeft daardoor een rode kleur. Via de bloedvaten heeft het vaatvlies een voedende functie voor het oog.

Vooraan in het oog splitst het vaatvlies in twee kringvormige delen. Het eerste is het **straallichaam**, waarin zich een kringspier bevindt: de **accommodatiespier**. Aan het straallichaam is de ooglenz opgehangen door middel van **lensbanden**.

Het tweede kringvormige deel is de **iris** of het **regenboogvlies**. Het ligt tegen de lens aan. De iris is rijk aan pigment en is daardoor gekleurd. Het ronde gaatje in de iris is de **pupil**.

- **Netvlies**

Het **netvlies** is de **binnenste oogrok**. Het ligt aan de binnenkant tegen het vaatvlies. Het netvlies bevat de lichtgevoelige cellen, nl. de **lichtreceptoren** of **fotoreceptoren** (zie 2.4.1). Die cellen liggen het dichtst bij elkaar in de **gele vlek**. Op de plaats waar de **oogzenuw** de oogbol verlaat, liggen er geen lichtreceptoren in het netvlies. Daar bevindt zich de **blinde vlek**.

1.3.2 Doorzichtige structuren binnen de oogbol

- **Oogkamers**

De ruimte tussen het hoornvlies en de iris is de **voorste oogkamer**. Tussen de iris en de lensbanden ligt de veel kleinere **achterste oogkamer**. De beide oogkamers zijn met een helder waterig vocht gevuld. Dat kamerwater is een oplossing van zouten, suikers en eiwitten met een voedende functie voor het hoornvlies en de lens. Die bestaan uit levende, doorzichtige cellen zonder bloedvaten ertussen. Ondanks de afwezigheid van bloedvaten wordt de aanvoer van voedingsstoffen naar hoornvlies en lens toch verzekerd door het kamerwater.

- **Ooglens**

Achter de pupil ligt de **ooglens**. Ze is glashelder. De ooglens is een bolle lens waarvan de voorzijde minder sterk gekromd is dan de achterzijde. De lens is elastisch en kan vervormen.

- **Glasachtig lichaam**

De oogbolruimte achter de ooglens is gevuld met een heldere, geleachtige massa: het **glasachtig lichaam**, dat het oog op "spanning" houdt. Zonder glasachtig lichaam zou de oogbol gemakkelijk vervormen door het samentrekken van de oogspieren. De druk in het glasachtig lichaam houdt ook het netvlies op zijn plaats door het tegen het vaatvlies te drukken.



OPDRACHT 5

Fig. 1.8 stelt een doorsnede van het oog schematisch voor.

a Benoem aan de hand van de tekst onder 1.3.1 de delen van de oogbolwand. Vul de tabel in.

nummer	deel van de oogbolwand
1	hard oogvlies
2	hoornvlies
3	vaatvlies
4	straallichaam
5	accommodatiespier
6	lensbanden
7	iris
8	pupil
9	netvlies
10	gele vlek
11	oogzenuw
12	blinde vlek

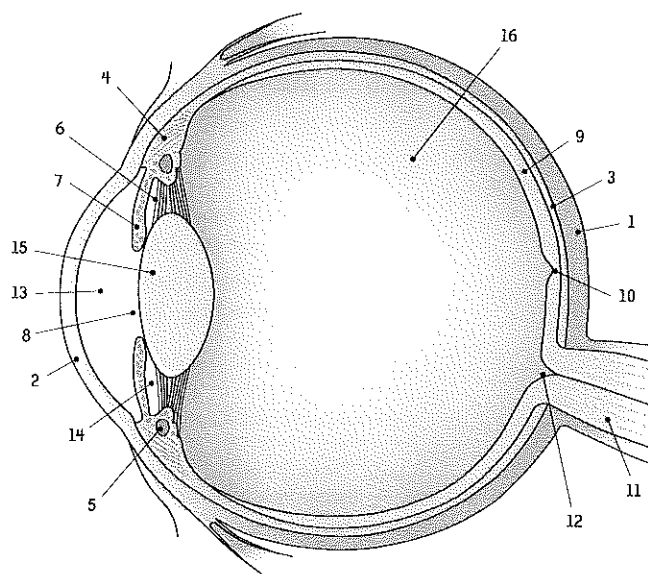


Fig. 1.8 Doorsnede van het oog

b Benoem aan de hand van de tekst onder 1.3.2 de doorzichtige structuren binnen de oogbol. Vul de tabel in.

nummer	doorzichtige structuur binnen de oogbol
13	voorste oogkamer
14	achterste oogkamer
15	ooglens
16	glasachtig lichaam



OPDRACHT 6

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

De iris is

- a een deel van het harde oogvlies.
- b het voorste deel van de ooglens.
- c een deel van het vaatvlies.
- d een deel van het glasachtig lichaam.

c



OPDRACHT 7

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Het hoornvlies is

- a een deel van het glasachtig lichaam.
- b een deel van het harde oogvlies.
- c het voorste deel van de lens.
- d een deel van het vaatvlies.

b



OPDRACHT 8

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

De blinde vlek

- a ligt achter de pupil.
- b is een verdikking op het netvlies.
- c is een plaats waar het netvlies erg dun is.
- d is de plaats op het netvlies waar de oogzenuw de oogbol verlaat.

d



OPDRACHT 9

Albinodieren hebben naast een witte vacht ook rode ogen. Dat komt omdat ze in de iris geen pigment aanmaken. Hoe verklaar je de rode oogkleur? Leg het verband met Fig. 1.8.

De iris is een deel van het vaatvlies en is dus rijk aan bloedvaten. Zonder pigment heeft de iris de rode kleur te wijten aan het bloed dat er doorheen stroomt.



Fig. 1.9 Albinorat



OPDRACHT 10

Schrijf het juiste begrip bij de volgende omschrijvingen.

omschrijving	begrip
oogrok met een witte kleur	harde oogvlies
doorzichtig deel van de buitenste oogrok	hoornvlies
oogrok met veel bloedvaten	vaatvlies
gekleurd deel van de middelste oogrok	iris
oogrok met fotoreceptoren	netvlies
plaats op het netvlies zonder fotoreceptoren	blinde vlek
de ruimte tussen hoornvlies en iris	voorste oogkamer
geleiachtige massa in de oogbol	glasachtig lichaam
plaats op het netvlies met de meeste fotoreceptoren	gele vlek



OPDRACHT 11

Doorheen welke doorzichtige structuren moeten lichtstralen achtereenvolgens invallen om van buiten het oog op het netvlies terecht te komen? Vul het schema aan.

lichtstralen buiten het oog → hoornvlies → voorste oogkamer →
ooglenzen → glasachtig lichaam → netvlies

1.3.3 vertroebeling van de ooglens: cataract

Soms kan de ooglens troebel worden. Dat is dikwijls het gevolg van een normaal verouderingsproces. Het licht kan dan moeilijker tot bij het netvlies doordringen. Het zicht wordt troebel en kleuren vervagen. Het is te vergelijken met kijken door een vuil venster. Zo'n **vertroebeling van de ooglens** noemen we **cataract** (grijze staar).



Fig. 1.10 Cataract in het rechteroog

De enige manier waarop cataract kan worden behandeld, is met een **oogoperatie** waarbij de ooglens wordt vervangen door een **kunstlens**.

In de westerse wereld laten mensen met cataract zich meestal tijdig behandelen, maar in minder ontwikkelde gebieden is cataract de belangrijkste oorzaak van blindheid.



Fig. 1.11

A Scherp zicht

B Troebel zicht ('vuilvensterzicht') als gevolg van cataract



OPDRACHT 12

Waarom kan cataract alleen met een operatie behandeld worden en bv. niet met een bril?

Door de troebele lens te vervangen door een kunstlens kan het licht opnieuw tot bij het netvlies geraken. Met een bril is dat niet te realiseren.



AAN DE SLAG 4 Informatie over oogstoornissen opzoeken (ICT)

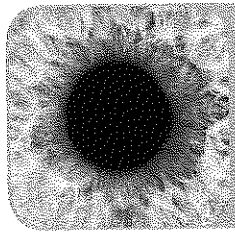
Zoek informatie over de volgende oogstoornissen:

- **astigmatisme**
- **netvliesloslating**
- **glaucoom**

Stel je daarbij de volgende vragen:

- Welk deel van het oog is betrokken bij de stoornis?
- Hoe werkt dat deel van het oog bij een gezonde persoon?
- Wat is de oorzaak van de oogstoornis?
- Hoe kan de stoornis behandeld worden?

Rapporteer, alleen of in groep, over het onderzoekwerk aan de hand van een verslag (mondeling of schriftelijk). Zoek passende illustraties.



2

Werking van het oog

2.1 Regeling van de lichttoevoer

Licht kan alleen via de pupil binnenin het oog terechtkomen. Omdat de lichtintensiteit in de omgeving niet altijd even groot is, moet het oog in staat zijn om de lichttoevoer te regelen. Dat gebeurt door de iris. We tonen dat aan met het volgende **experiment**.



AAN DE SLAG 5 Regeling van de lichttoevoer in het oog onderzoeken

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Onderzoeksvraag: Hoe wordt de lichttoevoer in het oog geregeld?

Hypothese: Via de pupil die groter en kleiner kan worden.

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Neem de grootte van de pupil waar bij een klasgenoot terwijl hij naar het raam kijkt. Wat stel je vast? Draai de rollen ook eens om.
De pupil is klein.
- 2 Laat je klasgenoot gedurende een halve minuut zijn ogen bedekken met de handen. Neem onmiddellijk daarna de grootte van de pupil waar. Wat stel je vast? Draai de rollen ook eens om.
De pupil is groter geworden.

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Vul aan.

De lichttoevoer in het oog wordt geregeld door de iris. Bij zwak licht wordt de pupil groter. Bij sterk licht wordt de pupil kleiner.

De **verklaring** voor het groter en kleiner worden van de pupil ligt in de werking van de **irisstraalspiieren** en de **iriskringspiieren**. De irisstraalspiieren lopen in de iris straalsgewijs van de pupil weg. De iriskringpiieren lopen rondom de pupil.

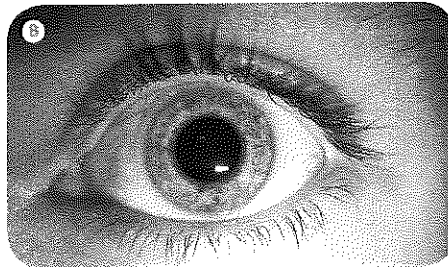
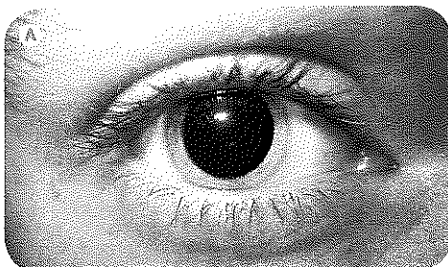


Fig. 1.12 Regeling van de lichttoevoer
A Vergrote pupil bij zwak licht
B Vernauwde pupil bij sterk licht

Als er zwak licht is, trekken de irisstraalspieren samen en wordt de pupil groter. Bij sterk licht trekken de iriskringspieren samen zodat de pupil vernauwt. De spierwerking is een **reactie op lichtintensiteit**. Deze reactie noemen we de **pupilreflex**.

De iris speelt nog een andere rol in de lichttoevoer. In de iris zit een hoeveelheid **pigment** waardoor het vlies gekleurd is. De kleur van de iris is erfelijk bepaald. Een iris met veel pigment is bruin, een iris met weinig pigment blauw. De functie van het pigment is het **overtollig licht afschermen**.



OPDRACHT 13

De tekening geeft de iris met een verwijde pupil en een vernauwde pupil schematisch weer. Benoem op de juiste plaats: irisstraalspieren en iriskringspieren.

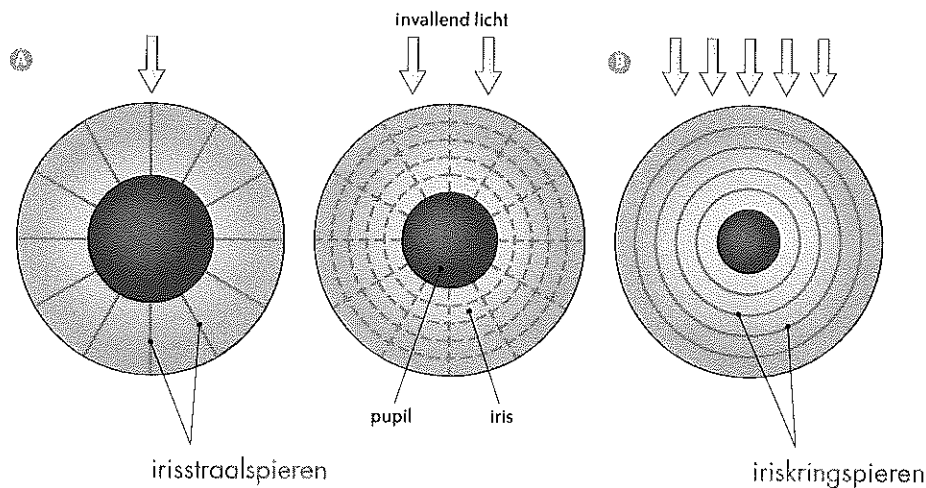


Fig. 1.13 Regeling van de lichttoevoer door spieren in de iris
A verwijde pupil
B vernauwde pupil



OPDRACHT 14

Welke combinatie van begrippen is juist?

- a sterk licht - grote pupil - iriskringspieren samengetrokken
- b sterk licht - kleine pupil - irisstraalspieren samengetrokken
- c zwak licht - grote pupil - irisstraalspieren samengetrokken
- d zwak licht - kleine pupil - iriskringspieren samengetrokken

c



OPDRACHT 15

Om het netvlies goed te kunnen onderzoeken, gebruikt de oogarts een speciaal instrument. Dat is voorzien van een sterke lamp waarvan het licht door de pupil invalt. Om te verhinderen dat de pupil zich sluit door het sterke licht van het instrument, worden de ogen vooraf ingedruppeld met pupilverwijdende oogdruppels. Sommige oogdruppels hebben een verlamende werking op de spieren in de iris, andere hebben een activerende werking.

- a Waarom moet de pupil verwijd zijn voor netvliesonderzoek?

Langs een verwijde pupil is er meer lichtinval in het oog en kan de oogarts tot achteraan in het oog naar het netvlies kijken.

- b Welke spieren in de iris zullen door pupilverwijdende oogdruppels verlamd worden? Motiveer je antwoord.

De iriskringspieren zullen verlamd worden om de pupil niet te kunnen verkleinen.

- c Welke spieren in de iris zullen door pupilverwijdende oogdruppels geactiveerd worden? Motiveer je antwoord.

De irisstraalspieren zullen geactiveerd worden om de pupil zo groot mogelijk te maken.



Eigenschappen van licht

Voortplanting van licht

Licht plant zich langs een rechte weg voort. We stellen licht dan ook voor als een rechte lijn. Met een pijl geven we aan in welke zin het licht zich voortplant op die lijn. Zo'n lijn noemen we een **lichtstraal**.

Lichtbreking

Lichtstralen worden gebroken wanneer ze van de ene middestof (medium) in de andere overgaan, bv. van lucht naar water. Bij loodrecht invallende lichtstralen is er geen afbuiging.

Lichtweerskaatsing

Een lichtstraal die op een oppervlak invalt, wordt door dat oppervlak weerkaatst. Daarbij is de terugkaatsingshoek gelijk aan de invalshoek.

Lichtabsorptie

Licht wordt aan de oppervlakte van een niet-doorzichtig voorwerp gedeeltelijk geabsorbeerd en gedeeltelijk weerkaatst. Dat geeft alle voorwerpen hun typische kleur.

Als wit licht bv. op een rode appel invalt, wordt vooral het rode deel van het licht weerkaatst; de andere kleuren worden geabsorbeerd door de appel. Een wit blad papier kaatst alle kleuren evenveel terug. Een **zwart** voorwerp **absorbeert alle kleuren**.

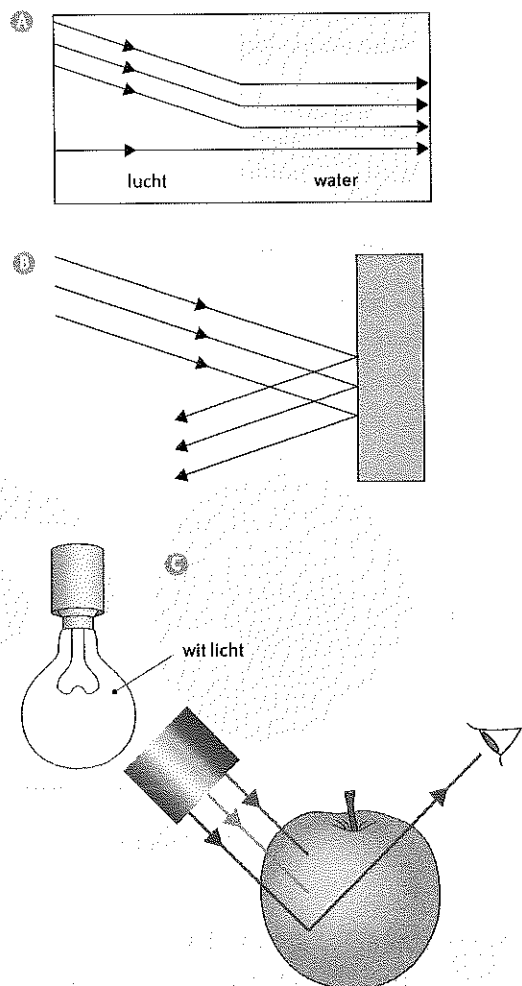


Fig. 1.14

A Lichtbreking bij de overgang van lucht naar water

B Lichtweerskaatsing aan een oppervlak

C Vooral het rode licht van het invallende witte licht wordt weerkaatst door een rode appel; de andere kleuren worden geabsorbeerd.

2.2 Beeldvorming in het oog

2.2.1 Lichtbreking door een bolle lens

Een lens is een doorzichtig voorwerp dat begrensd is door een gebogen oppervlak. Een **bolle** (positieve) **lens** is aan de rand dunner dan in het midden. De ooglenzen is een voorbeeld van een bolle lens.

Wanneer een lichtstraal invalt op een bolle lens, loopt die in een andere richting verder. We zeggen dat het **licht gebroken** wordt. Bij een bolle lens gebeurt de afbuiging altijd in de richting van de lijn door het midden van de lens (hoofdas). De afbuiging zal het grootst zijn aan de uitersten van de lens en nul in het midden.

Evenwijdige lichtstralen die invallen op een bolle lens, gaan na de lens door één punt. We noemen dat **convergeren**. Het punt waar die samenkomende lichtstralen elkaar snijden, is het **brandpunt** van de lens.

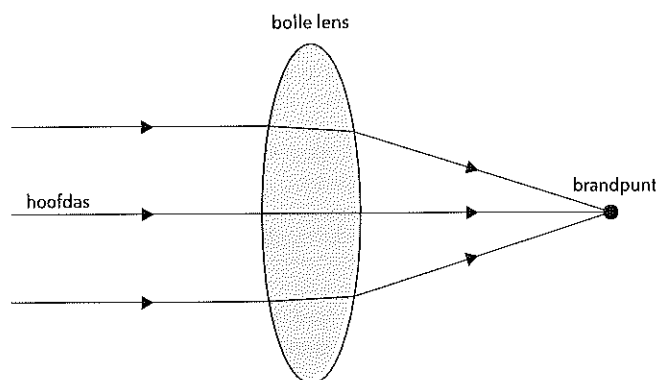


Fig. 1.15 Lichtbreking door een bolle lens

2.2.2 Beeldvorming op het netvlies

Om de beeldvorming door de ooglenzen na te bootsen, kun je **experimenteren met een optische bank**. Dat is een proefopstelling met een speciale lamp (reuterlamp), een voorwerp, een bolle lens en een scherm. Alle onderdelen zijn gemonteerd op een rail en daardoor verplaatsbaar ten opzichte van elkaar.



AAN DE SLAG 6 Beeldvorming door een bolle lens onderzoeken

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Onderzoeksvraag: Welke kenmerken heeft het beeld dat op het netvlies in het oog gevormd wordt?

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Wat heb je nodig?

- optische bank: reuterlamp met transformator, dia of karton met uitgesneden figuur, bolle lens met brandpuntsafstand $f = 10$ cm (dus een $+10$ lens) en scherm
- verlengkabel

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Maak een proefopstelling met een optische bank om op een eenvoudige manier de beeldvorming in het oog na te bootsen.

Met welk deel van het oog komt het scherm overeen?

met het netvlies

Met welk deel van het oog komt de bolle lens overeen?

met de ooglenzen

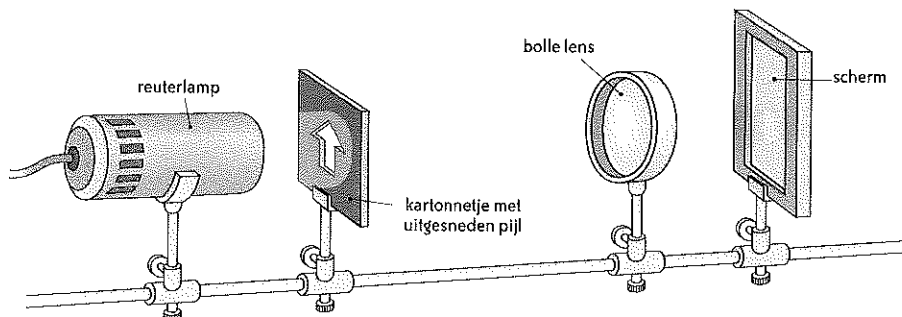


Fig. 1.16 Proefopstelling met een optische bank

- 2 Verschuif de lens t.o.v. het scherm, zodat je een scherp beeld van de pijl op het scherm verkrijgt. Welke kenmerken heeft dat beeld? Vul het besluit aan.

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Formuleer op basis van je waarnemingen een besluit als antwoord op de onderzoeksvraag.
Het beeld op het netvlies is verkleind en omgekeerd.

Het beeld dat door de ooglenzen op het netvlies wordt gevormd, is een **verkleind en omgekeerd beeld**. Invallende lichtstralen gaan eerst door de lucht, maar vervolgen dan hun weg in het oog door het doorzichtig hoornvlies, het waterig vocht in de voorste oogkamer, de lens en het glasachtig lichaam. Omdat al die middenstoffen een andere dichtheid hebben, worden de lichtstralen keer op keer afgebogen. Ze **convergeren** zodanig dat de **beeldvorming precies op het netvlies** gebeurt. Het deel van het beeld dat op de **gele vlek** valt, zien we het scherpst.

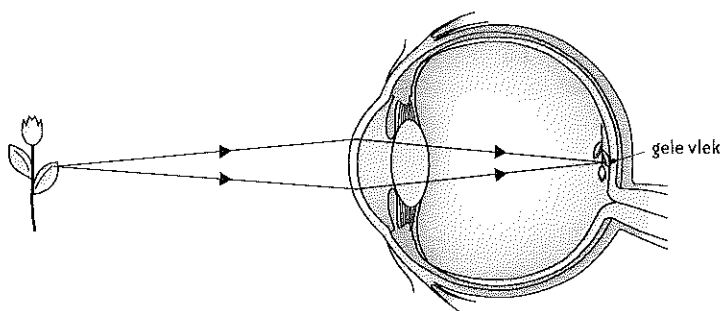


Fig. 1.17 Beeldvorming in het oog. Alleen het deel van de bloem dat geprojecteerd wordt op de gele vlek, wordt scherp gezien.



OPDRACHT 16

Als je naar de tekst op dit blad kijkt, dan lees je alleen op een beperkte plaats enkele letters of een woord; dat deel van het beeld zie je scherp en is dus geprojecteerd op de gele vlek. Toch zie je veel meer van de tekst, maar dat deel van het beeld is minder scherp en je ervaart het ook minder bewust. Hoe verklaar je dat?

Het wordt geprojecteerd op het deel van het netvlies buiten de gele vlek.

2.2.3 Geen beeldvorming op de blinde vlek

Op de **blinde vlek** liggen er geen fotoreceptoren en is er dus geen beeldvorming mogelijk. Dat kun je met het volgende **experiment** onderzoeken.



AAN DE SLAG 7 Ervaren dat er geen beeldvorming op de blinde vlek is

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BEWERT
-------	------	------------	--------

Onderzoeksvragen: Hoe kun je de aanwezigheid van de blinde vlek gewaarworden?
Hoe komt het dat je geen 'gat' ziet op de plaats van de blinde vlek?

Hypothese: Bij het uitvoeren van een blinde vlektest zie je het beeld van een voorwerp wegvallen.
Je ziet geen 'gat' op de plaats van de blinde vlek, omdat het beeld wordt opgevuld door het beeld van het omringende gebied.

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BEWERT
-------	------	------------	--------

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Houd je leerwerkboek verticaal met de armen gestrekt zo ver mogelijk voor je uit. Knijp je linker-oog dicht en fixeer met je rechteroog het bolletje. Je ziet het kruisje ook, maar minder scherp.



Fig. 1.18

Waar op het netvlies valt het beeld van het bolletje nu precies?
op de gele vlek

Valt het beeld van het kruisje op dezelfde plaats?
Nee, het beeld van het kruisje valt buiten de gele vlek.

- 2 Breng nu je leerwerkboek langzaam dichterbij je rechteroog terwijl je het bolletje blijft fixeren. Op een bepaald moment zie je het kruisje niet meer. Hoe komt dat?

Het beeld van het kruisje valt op de blinde vlek en daar is geen beeldvorming mogelijk, omdat er geen fotoreceptoren liggen.

- 3 Herhaal de blindevlektest (zoals in 2) met je linkeroog en fixeer daarbij het kruisje. Wat stel je vast?

Je ziet het bolletje niet meer, omdat het beeld op de blinde vlek valt.

- 4 Verbind op de tekening hieronder voor beide ogen het kruisje met een punt op het netvlies om aan te geven waar de beeldvorming gebeurt bij het uitvoeren van de blindevlektest. Doe hetzelfde met het bolletje.
Duid bij de tekening aan waar je neus zich bevindt.

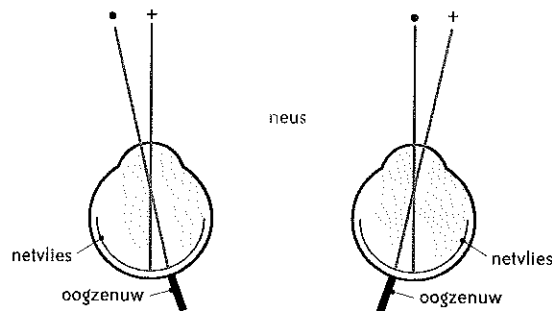


Fig. 1.19

- 5 Houd je leerwerkboek verticaal met de armen gestrekt zo ver mogelijk voor je uit en knijp je linkeroog dicht. Met je rechteroog fixeer je het witte bolletje. Breng je leerwerkboek langzaam dichterbij je rechteroog totdat het beeld van het sterretje op de blinde vlek valt.

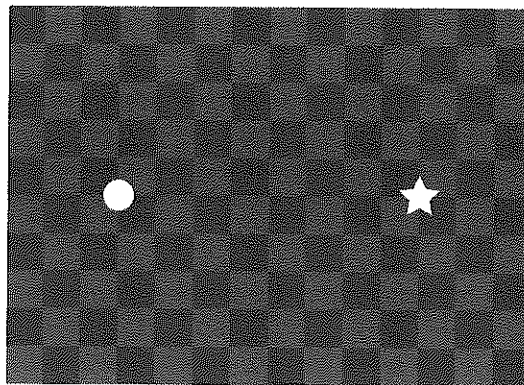


Fig. 1.20

Zie je een 'gat' in het beeld op de plaats van het sterretje of niet? Wat neem je waar?

Je ziet geen gat, want het omringende gebied van het schaakbordpatroon vult het beeld op.

VRAAG	PLAN	UITVOERING	BESLUIT
-------	------	------------	---------

Vul aan.

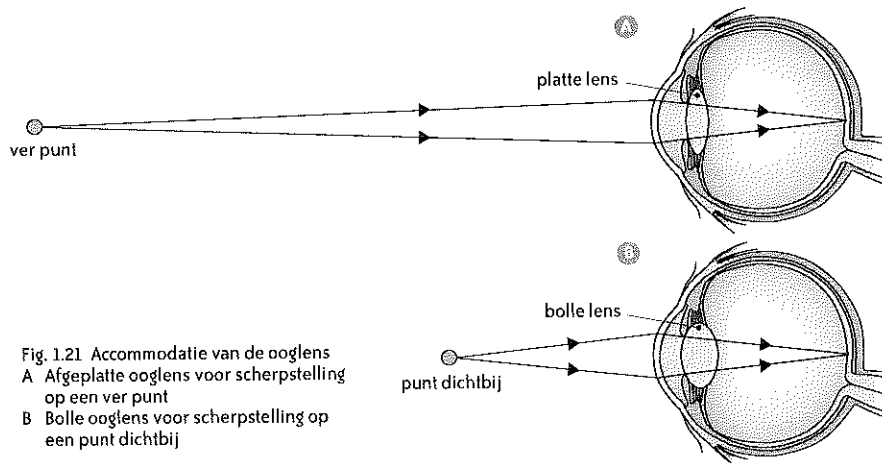
Er is geen beeldvorming op de plaats van de blinde vlek, omdat daar de oogzenuw de oogbol verlaat en er geen fotoreceptoren liggen.

Toch zie je geen gat op de plaats van de blinde vlek, omdat het beeld wordt opgevuld door het beeld van het omringende gebied.

2.3 Accommodatie bij beeldvorming

2.3.1 Noodzaak van accommodatie

We kijken voortdurend naar voorwerpen, veraf en dichtbij. Om telkens scherpe beelden op het netvlies te vormen van voorwerpen op verschillende afstanden, moet de ooglenzen zich kunnen aanpassen. Die aanpassing van de ooglenzen noemen we **accommodatie of scherpstelling**.



Voor een voorwerp dat zich op grotere afstand van het oog bevindt, zullen de lichtstralen minder afgebogen moeten worden om het beeld te projecteren op het netvlies dan voor een voorwerp dichtbij. Dat lukt met een afgeplatte ooglenzen. Voor een voorwerp dichtbij wordt de extra buiging van de lichtstralen verkregen door de ooglenzen bolter te maken.

2.3.2 Mechanisme van accommodatie

Accommodatie komt erop neer dat de ooglenzen haar kromming moet kunnen wijzigen. Daarbij spelen de **accommodatiespieren** in het straallichaam en de **lensbanden** een rol.

Ook de **elasticiteit en de vervormbaarheid van de ooglenzen** zijn van belang. Als de lens ontspannen is, neemt ze nagenoeg de bolvorm aan. Als er rondom aan de lens getrokken wordt door de lensbanden, wordt de lens platter. Zodra die krachtwerking verdwijnt, neemt de lens door haar veerkracht opnieuw de bolle vorm aan.

Als de **accommodatiespieren ontspannen** is, staat ze wijd uit. Daardoor wordt er aan de lensbanden getrokken. Die trekken op hun beurt aan de lens zodat die afgeplat wordt.

Als de lens minder gekromd is, wordt er op het netvlies een scherp beeld gevormd van voorwerpen die zich op grote afstand bevinden. De lens staat op **'ver'** ingesteld.

Omgekeerd, als de **accommodatiespieren samentrekt**, wordt er niet aan de lensbanden getrokken. De lensbanden gaan daardoor een beetje doorhangen. De lens kan nu door haar veerkracht weer bolter worden. Ze staat nu ingesteld op **'dichtbij'**.

De lens kan niet onbeperkt bolter worden. Als we een voorwerp steeds dichterbij onze ogen brengen, dan bereiken we een punt waarop het beeld niet meer scherp blijft. Dat is het punt waarop de lens haar maximale natuurlijke kromming bereikt heeft. Dat punt noemen we het **nabijheidspunt**.

De ligging van het nabijheidspunt is sterk afhankelijk van de kracht van de accommodatiespieren en van de elasticiteit van de lens. Bij jonge personen ligt het nabijheidspunt op ongeveer 10 cm van de ogen, bij oudere personen ligt het verder. Hoe dit komt, bespreken we verderop bij ouderdomsverziendheid (zie 2.3.3).

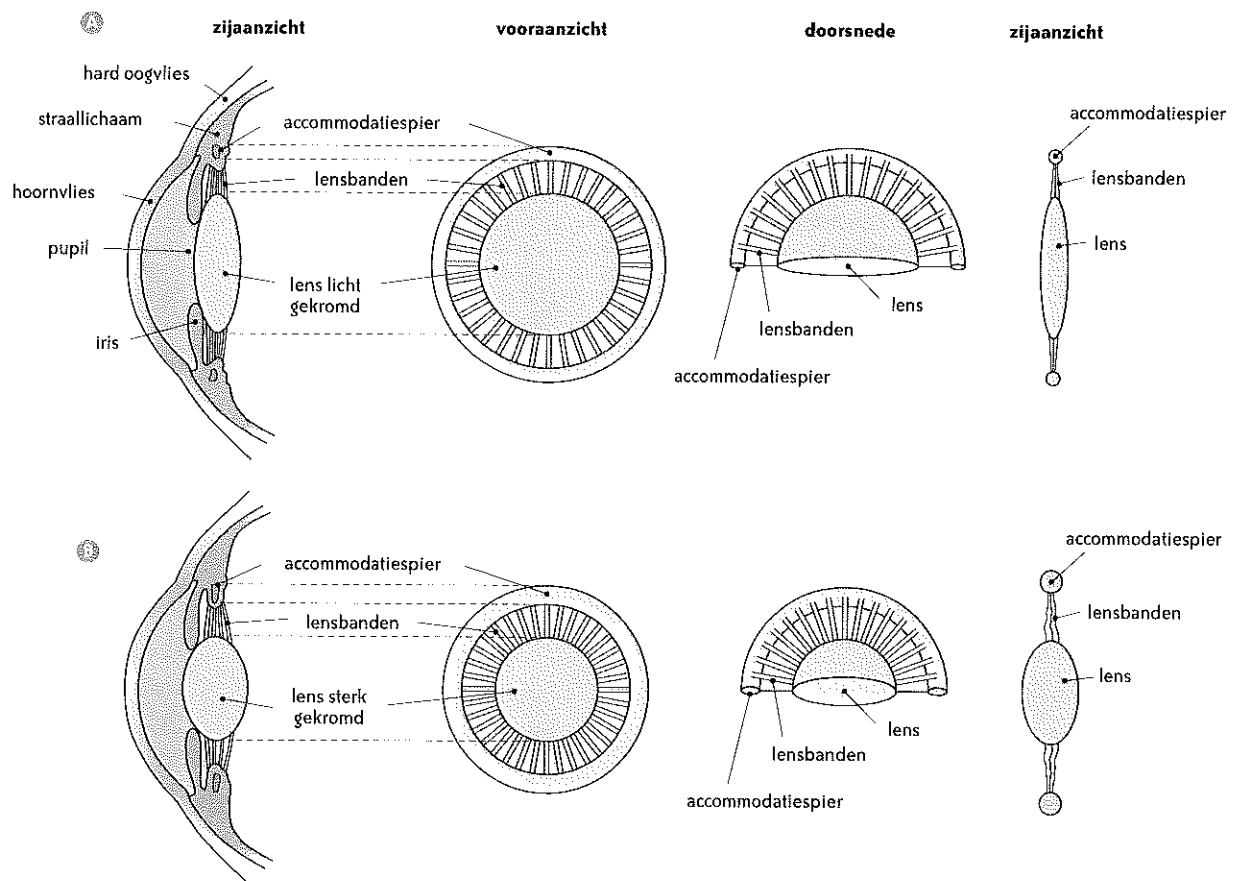


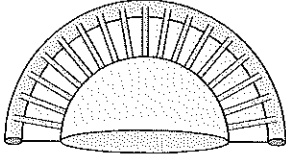
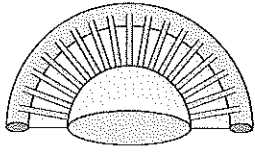
Fig. 1.22 Schematische voorstelling van accommodatie
 A Scherpstelling op 'ver'
 B Scherpstelling op 'dichtbij'



OPDRACHT 17

Bekijk aandachtig Fig. 1.22.

- Wat is telkens de toestand van de accommodatiespier, de lensbanden en de ooglenz? Schrap wat niet past.
- Noteer volgende begrippen bij de juiste tekening: ver kijken, dichtbij kijken.

	accommodatiespier	lensbanden	ooglenz
 ver kijken	SAMENGETROKKEN / ONTSPANNEN	AANGESPANNEN / HANGEN DOOR	BOL / AFGEPLAT
 dichtbij kijken	SAMENGETROKKEN / ONTSPANNEN	AANGESPANNEN / HANGEN DOOR	BOL / AFGEPLAT

2.3.3 Afwijkingen bij accommodatie: verziendheid, bijziendheid en ouderdomsverziendheid

• Verziendheid

Sommige personen zien alleen verafgelegen voorwerpen scherp; ze zijn **verziend**. Dat komt omdat de **oogbol korter** is dan normaal, of omdat de **lens te plat** is. Het brandpunt valt achter de oogbol en op het netvlies is er dan een onscherp beeld. Deze afwijking noemen we **verziendheid** (hypermetropie).



OPDRACHT 18

Verziendheid wordt gecorrigeerd met contactlenzen of een bril met bolle lenzen. Bekijk aandachtig Fig. 1.24. Wat is het effect van een bril met bolle lenzen op de invallende lichtstralen?

De lichtbreking wordt versterkt, want de lichtstralen worden vooraf gebroken voor ze op het hoornvlies vallen → het brandpunt zal precies op het netvlies vallen en niet erachter.

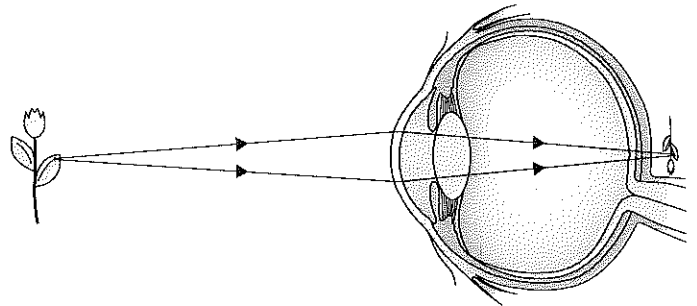


Fig. 1.23 Verziendheid

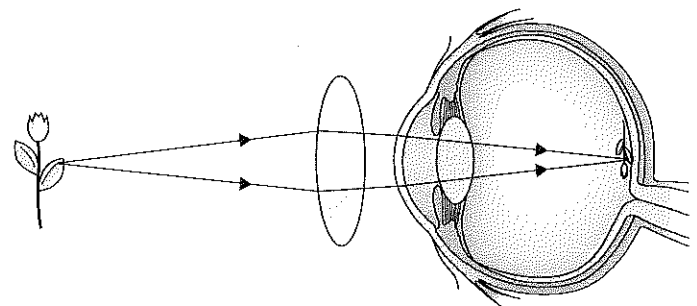


Fig. 1.24 Correctie van verziendheid met een bolle lens

• Bijziendheid

Sommige personen zien alleen scherp van dichtbij; ze zijn **bijziend**. Dat komt omdat de **oogbol langer** is dan normaal of omdat de **lens te bol** is. Het brandpunt valt dan voor het netvlies en op het netvlies wordt er een onscherp beeld gevormd. Deze afwijking heet **bijziendheid** (myopie).



OPDRACHT 19

Bijziendheid wordt gecorrigeerd met contactlenzen of een bril met holle lenzen. Een holle lens is aan de rand breder dan in het midden. De invallende lichtstralen wijken na lichtbreking door holle lenzen uit elkaar: ze divergeren. Bekijk aandachtig Fig. 1.26. Wat is het effect van een bril met holle lenzen op de invallende lichtstralen?

De lichtstralen divergeren, waardoor ze verder uiteenwijken vooraleer ze op het hoornvlies vallen → in het oog leggen de lichtstralen een langere weg af, zodat het brandpunt precies op het netvlies zal vallen en niet ervoor.

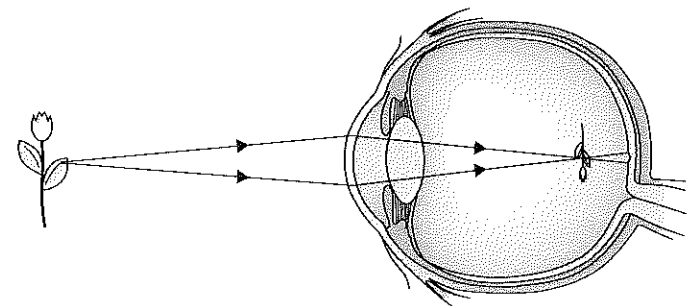


Fig. 1.25 Bijziendheid

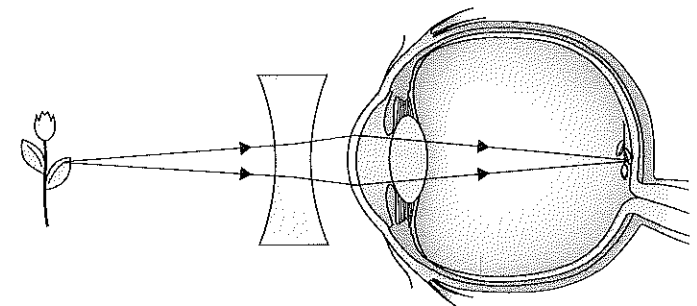


Fig. 1.26 Correctie van bijziendheid met een holle lens

• Ouderdomsverziendheid

Een veel voorkomende afwijking bij accommodatie is **ouderdomsverziendheid** (presbyopie). Deze vorm van verziendheid is niet te wijten aan de afwijkende bouw van de oogbol, maar heeft alles te maken met veroudering. De **elasticiteit van de lens neemt af** en de **accommodatiespier verslapt**. Daardoor kan de lens niet genoeg bol gemaakt worden.



OPDRACHT 20

Welke lenzen heeft een leesbril om ouderdomsverziendheid te corrigeren? Motiveer je antwoord.

Een leesbril heeft bolle lenzen om het licht al vooraf voor het hoornvlies te breken, omdat de ooglenzen niet genoeg bol kan worden gemaakt.

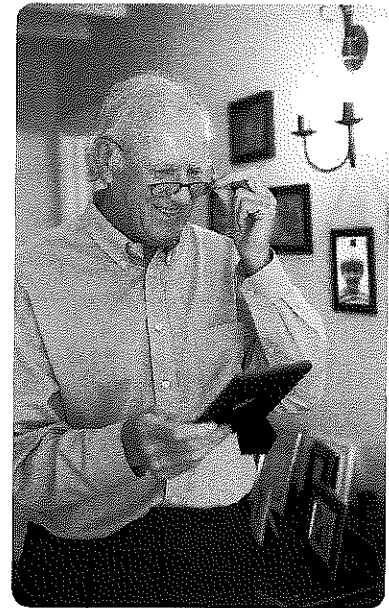


Fig. 1.27 Oudere man met een leesbril



OPDRACHT 21

Ouderdomsverziendheid heeft een invloed op het nabijheidspunt. Bij een normaal oog ligt het nabijheidspunt op de leesafstand (ongeveer 30 cm). Wat is het gevolg van ouderdomsverziendheid voor het nabijheidspunt?

Het nabijheidspunt zal verder liggen, tot buiten de leesafstand.



OPDRACHT 22

Fig. 1.28 stelt een bepaalde accommodatieafwijking schematisch voor.

a Over welke accommodatieafwijking gaat het? Verklaar je antwoord.

Bijziendheid, het brandpunt valt voor het netvlies.

b Waaraan kan deze afwijking te wijten zijn?

Een te lange oogbol of een te bolle lens.

c Ziet een persoon met deze afwijking scherp van dichtbij of veraf?

Hij ziet scherp van dichtbij.

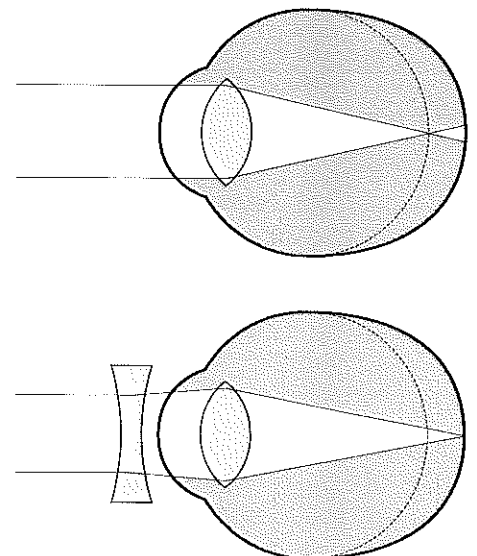


Fig. 1.28 Accommodatieafwijking en correctie

d Schrap wat niet past.

Deze afwijking wordt gecorrigeerd met een bril met HOLLE / BOLLE lenzen. De bril moet de lichtstralen DIVERGEREN / CONVERGEREN zodat ze in het oog een KORTERE / LANGERE weg moeten afleggen.



AAN DE SLAG 8 Bijziendheid en verziendheid simuleren en corrigeren

VRAAG

PLAN

UITVOERING

RESULTAAT

Onderzoeksvraag: Hoe worden bijziendheid en verziendheid gecorrigeerd?

Hypothese: Bijziendheid wordt gecorrigeerd met een bril met holle lenzen, verziendheid met een bril met bolle lenzen.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

RESULTAAT

Wat heb je nodig?

- optische bank: reuterlamp met transformator, dia of karton met uitgesneden figuur, bolle lens met brandpuntsafstand $f = 10$ cm (dus een $+ 10$ lens), scherm
- verlengkabel
- brillen van leerlingen

VRAAG

PLAN

UITVOERING

RESULTAAT

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Zet de reuterlamp aan de linkerkant en verbind ze met de transformator.
- 2 Plaats het voorwerp (dia, karton) tot tegen de lamp.
- 3 Plaats het scherm aan de rechterkant.
- 4 Plaats de bolle lens tussen het voorwerp en het scherm.
- 5 Verduister het lokaal en steek de reuterlamp aan.
- 6 Zoek, door de lens te verschuiven, de afstand waarbij er een scherp beeld van het voorwerp op het scherm valt.

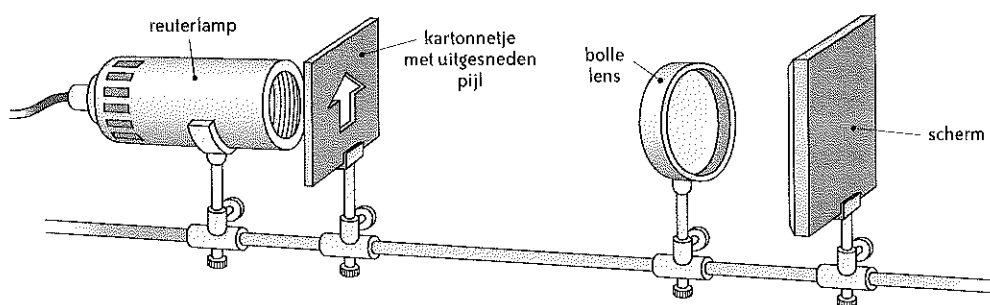


Fig. 1.29

- 7 Simuleer een bijziend oog. Wat moet je daarvoor doen?

De afstand tussen lens en scherm vergroten door de lens te verschuiven van het scherm weg.

Wat gebeurt er met het beeld?

Het wordt onscherp.

Gebruik een bril van een bijziende leerling en plaats 1 brilglas voor de lens. Je moet de afstand een beetje zoeken. Wat gebeurt er met het beeld?

Het beeld wordt opnieuw scherp.

- 8 Simuleer een verziend oog. Wat moet je daarvoor doen?

De afstand tussen lens en scherm verkleinen door de lens te verschuiven naar het scherm toe.

Wat gebeurt er met het beeld?

Het wordt onscherp.

Gebruik een bril van een verziende leerling en plaats 1 brilglas voor de lens. Je moet de afstand een beetje zoeken. Wat gebeurt er met het beeld?

Het beeld wordt opnieuw scherp.

(Als er geen verziende leerlingen in de klas zitten, kun je een bolle lens met brandpuntsafstand $f = 5 \text{ cm}$ (dus een $+ 5 \text{ lens}$) gebruiken i.p.v. een bril.)

VERHAAL

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Vul aan. Kies uit: verziendheid, bijziendheid, bol, hol, convergeren, divergeren.

Bijziendheid _____ is een accommodatieafwijking die te corrigeren is met een bril met holle _____ lenzen. De bril doet de lichtstralen divergeren _____ voor ze op het hoornvlies komen.

Verziendheid _____ is een accommodatieafwijking die te corrigeren is met een bril met bolle _____ lenzen. De bril doet de lichtstralen convergeren _____ voor ze op het hoornvlies komen.

2.4 Fotoreceptoren in het netvlies

2.4.1 Microscopische bouw van het netvlies

Het netvlies heeft een gelaagde structuur. Van buiten naar binnen kunnen we in het netvlies **vier lagen van cellen** onderscheiden. We bespreken eerst de microscopische bouw van de verschillende lagen en daarna de functie van elke laag afzonderlijk.

- **Pigmentlaag**

Tegen het vaatvlies aan ligt de **pigmentlaag**. Ze bestaat uit pigmentcellen die veel donkere pigmentkorrels bevatten.

- **Laag met fotoreceptoren: staafjes en kegeltjes**

Naar binnen toe, tegen de pigmentlaag aan, ligt een laag met lichtgevoelige cellen of fotoreceptoren, naar hun vorm **staafjes en kegeltjes** genoemd. Het netvlies bevat ongeveer 120 miljoen staafjes en 5 miljoen kegeltjes.

- **Laag met bipolaire cellen**

De bipolaire cellen zijn doorzichtige **zenuwcellen** die als schakelcellen functioneren tussen de fotoreceptoren en de ganglioncellen.

- **Laag met ganglioncellen**

De laag met doorzichtige ganglioncellen ligt tegen het glasachtig lichaam aan. Ganglioncellen zijn **zenuwcellen** waarvan de zenuwvezels zich bundelen om samen de oogzenuw te vormen.

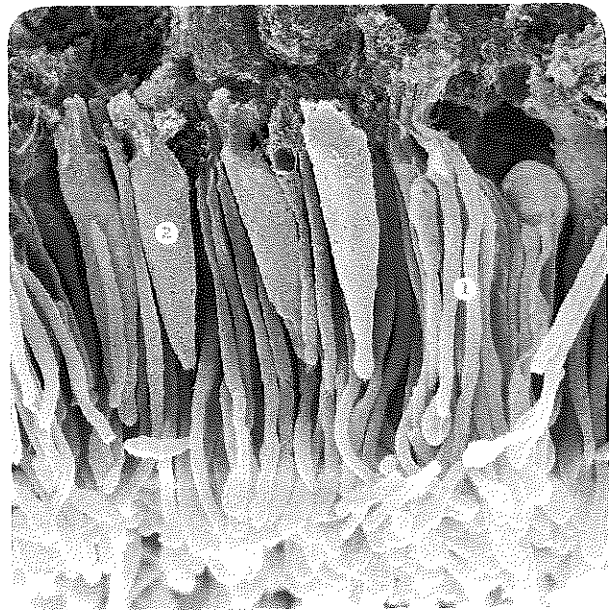


Fig. 1.30 Ingekleurd elektronenmicroscopisch beeld van staafjes (1) en kegeltjes (2) in het netvlies



OPDRACHT 23

Schrijf bij de accolades op Fig. 1.31 de namen van de verschillende lagen waaruit het netvlies is opgebouwd. Duid op de figuur ook een kegeltje en een staafje aan.

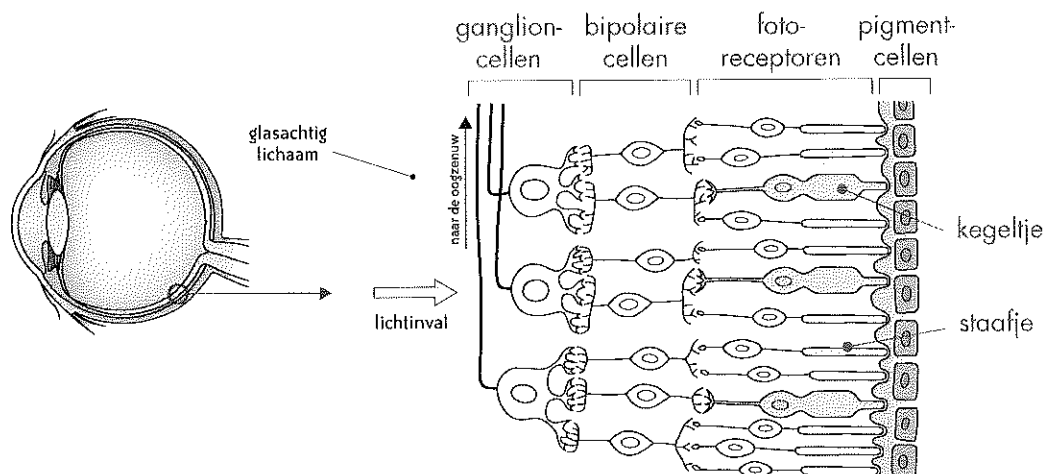


Fig. 1.31 Schematische en vereenvoudigde doorsnede van het netvlies



OPDRACHT 24

De concentratie aan staafjes en kegeltjes is niet gelijk over het hele netvlies. De centrale vlek waar uitsluitend kegeltjes voorkomen, is de gele vlek. Op andere plaatsen in het netvlies liggen staafjes en kegeltjes door mekaar. Aan de rand van het netvlies zijn er geen kegeltjes meer, alleen nog staafjes.

De blinde vlek bevat noch kegeltjes noch staafjes.

a Duid op Fig. 1.32 de gele vlek en de blinde vlek aan en benoem ze.

b Waarmee komt de blinde vlek overeen?

met de oogzenuw

c Wat kan er op de blinde vlek niet gebeuren? Motiveer je antwoord.

Er kan geen beeldvorming gebeuren, omdat er geen fotoreceptoren aanwezig zijn.

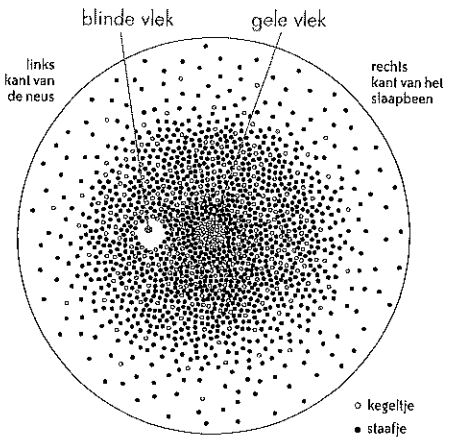


Fig. 1.32 Ligging van staafjes en kegeltjes in het netvlies van het rechteroog in de stand waarin je nu kijkt



OPDRACHT 25

Ter hoogte van de gele vlek is er telkens één kegeltje aangesloten op één bipolaire cel. Daardoor wordt er een scherp en gedetailleerd beeld gevormd. Op andere plaatsen in het netvlies zijn meerdere kegeltjes en staafjes met één bipolaire cel verbonden. De beeldvorming op die plaatsen is daardoor minder scherp.

Zet bij de rode cirkels op Fig. 1.33 de nummers 1, 2 en 3 overeenkomend met zone 1, zone 2 en zone 3 van het netvlies.

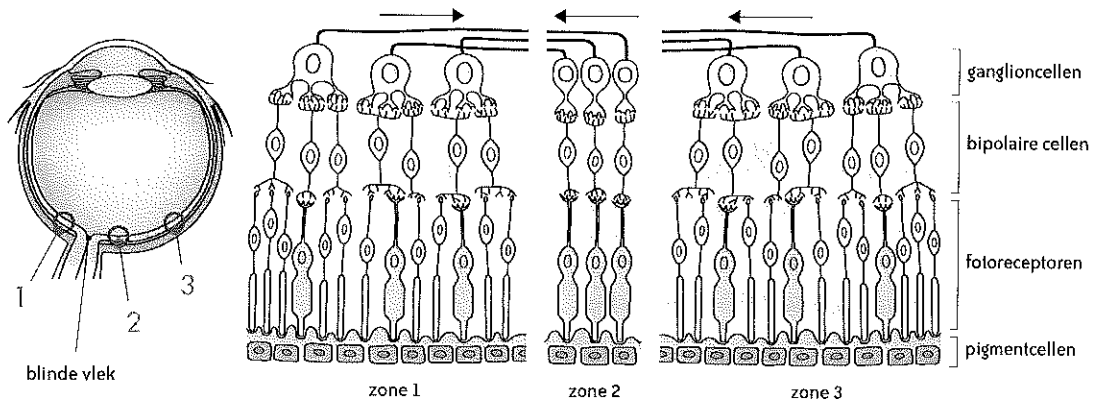


Fig. 1.33 Verschillende zones in het netvlies

2.4.2 Functie van de pigmentlaag

De pigmentkorrels in de cellen van de pigmentlaag **absorberen al het licht** dat erop valt. Zo wordt voorkomen dat de binnenkant van de oogbol lichtstralen zou weerkaatsen. Dat zou immers de beeldvorming op het netvlies verstoren.

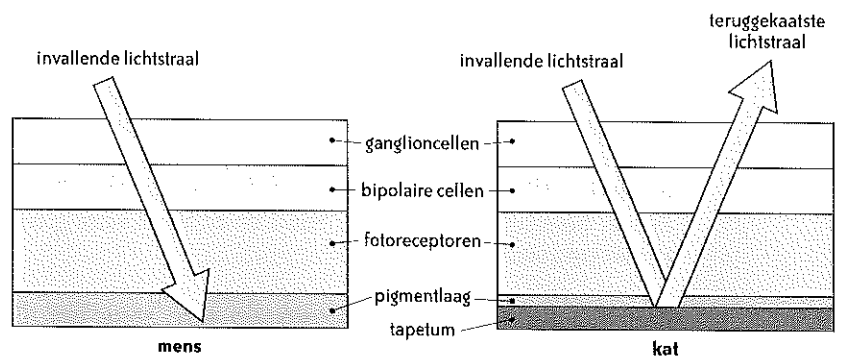


Fig. 1.34 Schematische doorsnede van het netvlies bij de mens en bij de kat

Nachtdieren zoals de kat hebben tussen de pigmentlaag en het vaatvlies een extra laag die lichtweerskaatsend werkt: het **tapetum**. De pigmentlaag bevat niet veel pigment zodat ze licht doorlaat. Dat licht wordt weerkaatst door het tapetum. Zo kunnen de lichtstralen een tweede maal – van binnenuit – de fotoreceptoren treffen.

Het schaars invallende nachtlucht wordt met dit tapetum beter benut. De beelden die ermee gevormd worden, zijn wel minder scherp.

2.4.3 Functie van de fotoreceptoren

Fotoreceptoren zijn gespecialiseerde cellen die instaan voor de **verwerking van de lichtprikkel**. Ze bevatten lichtgevoelige kleurstoffen, **fotopigmenten** genoemd, die zorgen voor de **omvorming van een lichtprikkel tot een zenuwimpuls** (kortweg **impuls**). Dat is een elektrisch signaal dat in de lichtreceptor tot stand komt door verplaatsing van geladen deeltjes (ionen) van buiten de cel naar binnen en omgekeerd.

• Lichtverwerking door de staafjes

In de staafjes bevinden zich moleculen van het **fotopigment rodopsine**. Wanneer licht op een staafje invalt, wordt rodopsine afgebroken. Daarbij komt chemische energie vrij waarmee een zenuwimpuls in het staafje wordt opgewekt.

Om opnieuw prikkelbaar te zijn, moeten de staafjes nieuw rodopsine aanmaken. Daarvoor is vitamine A nodig.

Het rodopsine in de staafjes reageert op alle golflengten van het zichtbare licht; met staafjes kun je dus **geen kleuren waarnemen**.

Stafjes zijn **heel lichtgevoelig**, dat wil zeggen dat ze een lage prikkel drempel hebben. Er is maar weinig licht nodig om ze te prikkelen. Daardoor maken de staafjes het mogelijk in de schemering of in het donker te zien.

• Lichtverwerking door de kegeltjes

Bij de kegeltjes onderscheiden we drie typen met elk moleculen van **verschillende fotopigmenten** die verwant zijn aan rodopsine, ook wat hun werking betreft.

Elk type kegeltje reageert op licht van bepaalde golflengten. Daardoor zijn de kegeltjes **kleurgevoelige fotoreceptoren**. Zo zijn er roodgevoelige, groengevoelige en blauwgevoelige kegeltjes. Afhankelijk van de verhouding waarin de drie typen kegeltjes geprikkeld worden, zien we de verschillende kleuren. Als bijvoorbeeld kegeltjes voor rood en groen gelijktijdig geprikkeld worden, zie je geel of oranje. Of je eerder geel of eerder oranje ziet, hangt af van hoeveel kegeltjes voor rood en hoeveel voor groen geprikkeld worden.

Kegeltjes zijn **minder lichtgevoelig dan staafjes**. Ze hebben een hogere prikkel drempel dan staafjes. Er moet dus meer licht zijn om ze te prikkelen.

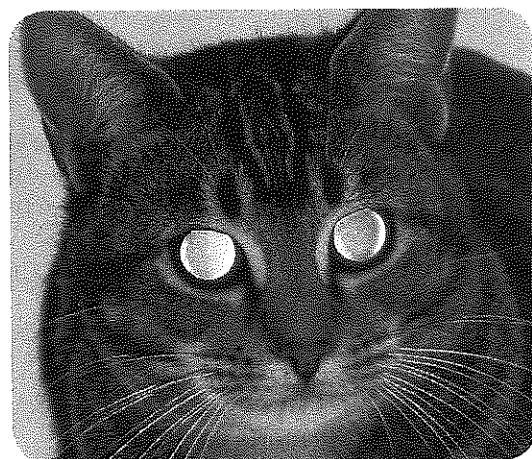


Fig. 1.35 Lichtweerskaatsing in de ogen van een kat door de aanwezigheid van een tapetum

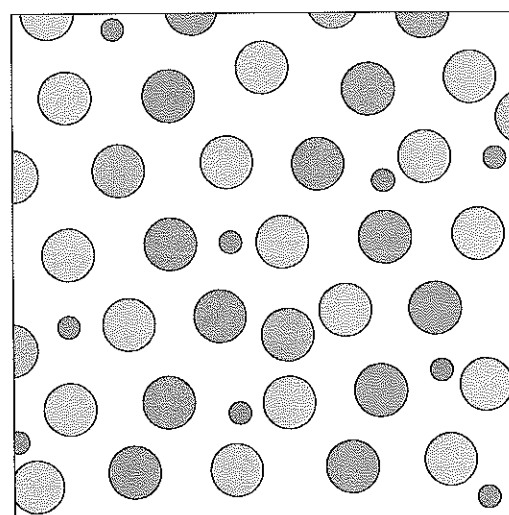


Fig. 1.36 De fotoreceptoren van het netvlies

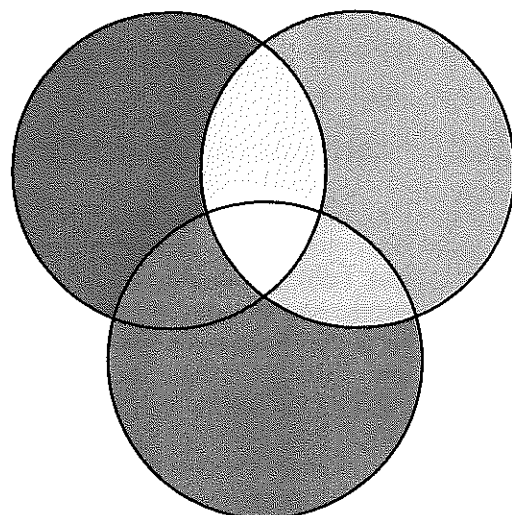


Fig. 1.37 Kleurenmenging: rood, groen en blauw geven samen wit.



AAN DE SLAG 9 Het zien met staafjes en kegeltjes onderzoeken

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Wat heb je nodig?

- meetlat
- 2 kleuropotloden of stiften met een verschillende kleur

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

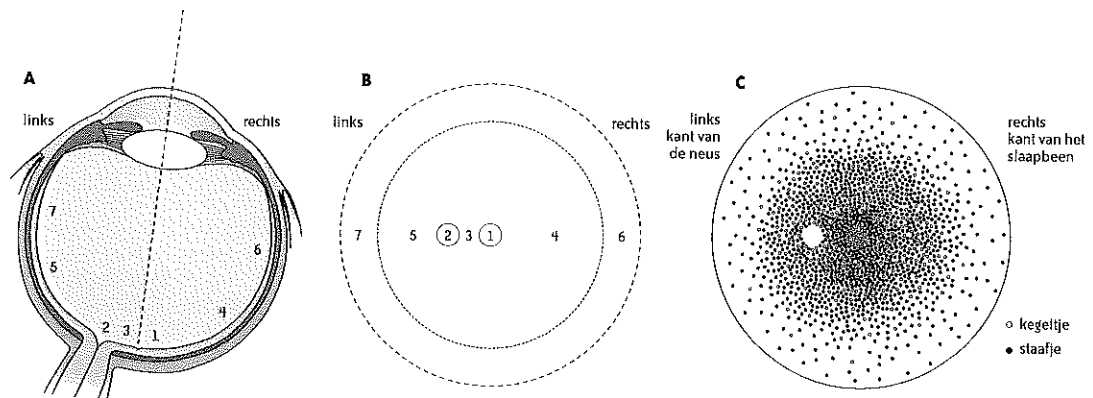


Fig. 1.38

Fig. 1.38 A is een horizontale doorsnede van je rechteroog van bovenaf gezien. B toont verschillende zones van het netvlies van je rechteroog in de stand waarin het oog nu kijkt. C geeft de spreiding van de kegeltjes en staafjes in het netvlies van je rechteroog weer in de stand waarin je nu kijkt.

- Bekijk aandachtig Fig. 1.38 A, B en C. Welke van de zeven zones op tekening B bevat
 - alleen staafjes? 6 en 7
 - alleen kegeltjes? 1
 - staafjes en kegeltjes? 5, 4 en 3
 - geen kegeltjes en geen staafjes? 2
- Fixeer met je rechteroog de letter B die hier gedrukt staat. Laat een klasgenoot, die links van je zit, een kleuropotlood of stift van opzij vanaf een afstand van 50 cm langzaam naar de letter B toeschuiven.

Noteer de afstand op het moment dat je het kleuropotlood ziet. _____

Noteer de afstand op het moment dat je de kleur van het kleuropotlood ziet. _____

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Vul de ontbrekende begrippen in.

Eerst zie je het voorwerp, maar niet de kleur ervan. Dat komt omdat de beeldvorming plaatsvindt op een deel van het netvlies waar alleen staafjes voorkomen en die zijn niet kleurgevoelig.

Je ziet pas de kleur van het voorwerp als de beeldvorming gebeurt op een deel van het netvlies waar kegeltjes liggen. Die fotoreceptoren zijn wel kleurgevoelig.



OPDRACHT 26

Uilen, egels en vleermuizen hebben weinig of geen kegeltjes in hun netvlies. Waarom is dat zo?
 Het zijn nachtdieren. Ze moeten kunnen zien bij lage lichtintensiteit. Kegeltjes zijn daar niet geschikt voor, want die hebben een hoge prikkeldrempel; vandaar weinig kegeltjes.



OPDRACHT 27

Nachtblindheid is een stoornis waarbij je slecht of helemaal niet ziet als er weinig licht is. Dat kan 's avonds of 's nachts zijn, maar ook binnen bij zwakke verlichting.
 Welke fotoreceptoren werken niet goed in geval van nachtblindheid?

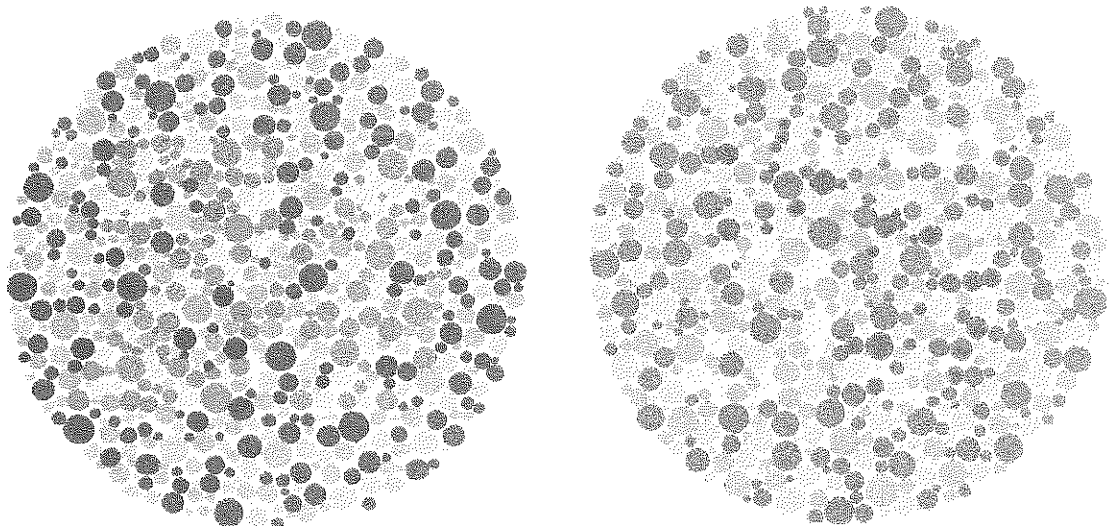
staafjes



OPDRACHT 28

Welke getallen lees je op Fig. 1.39? 74 en 57

Fig. 1.39 Testkaarten voor
 kleurenlechtsiendheid



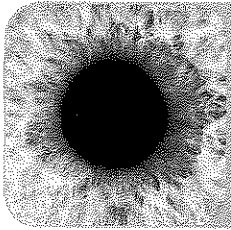
Een kleurenlechtsiende leest op de testkaarten van Fig. 1.39 andere getallen. Kleurenlechtsiendheid, meestal kleurenblindheid genoemd, is een afwijking in het waarnemen van kleuren. De meest voorkomende vorm is rood-groenkleurenblindheid waardoor het verschil tussen rood en groen niet of niet goed wordt gezien. Het is een erfelijke aandoening die meer bij mannen dan bij vrouwen voorkomt.

Welke fotoreceptoren werken niet goed in geval van kleurenlechtsiendheid?

kegeltjes

2.4.4 Functie van de bipolaire cellen en de ganglioncellen

Zodra de lichtprikkel door de staafjes of kegeltjes is omgevormd tot een impuls, wordt die impuls doorgegeven aan de bipolaire cellen. Op hun beurt geven de **bipolaire cellen de impuls door aan de ganglioncellen** en dan verder **via de ganglioncellen aan de oogzenuw**. Die is opgebouwd uit een bundeling van de zenuwvezels van de ganglioncellen. De oogzenuw vervoert de zenuwimpuls naar een specifieke plaats in de hersenen. Pas dan 'zien' we.



3

'Zien' met je hersenen

3.1 Interpretatie van de netvliesbeelden

Op het netvlies van beide ogen wordt een omgekeerd en verkleind beeld van een voorwerp gevormd. De hersenen verwerken de **twee netvliesbeelden tot één geheel**. Bovendien zie je **de wereld niet op zijn kop**. Door ervaring interpreteren de hersenen de beelden als rechtopstaande beelden.

Ook van de blinde vlek op het netvlies van beide ogen hebben we geen last. Er ontstaat geen 'gat' in het gezichtsveld, omdat de hersenen het **beeld aanvullen**. Het omringende beeld breidt zich uit naar het gebied van het 'gat' (zie 2.2.3).

3.2 Dieptezicht

Met het volgende **experiment** kun je het belang van dieptezicht ervaren.



AAN DE SLAG 10 Het belang van dieptezicht ervaren

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvraag: Wanneer heb je dieptezicht en wat is het belang ervan?

Hypothese: Dieptezicht heb je door met twee ogen te kijken en het is nodig om afstanden tussen voorwerpen in te schatten.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Houd met gestrekte linkerarm een potlood voor je uit met de punt omhoog en sluit een oog: je kijkt nu monoclair. Probeer nu de top van je rechterwijsvinger op de potloodpunt te leggen. Wat stel je vast?
Het lukt wel maar met enige moeite.
Doe hetzelfde met beide ogen open: je kijkt nu binoclair. Wat stel je vast?
Het gaat gemakkelijker dan met 1 oog.
- 2 Houd in één hand een potlood horizontaal. Houd je arm stil en strek hem niet helemaal. Sluit een oog en breng een tweede potlood bij het eerste zo dat de potloodpunten elkaar raken. Wat stel je vast?
Het lukt wel maar met enige moeite.
Doe hetzelfde met beide ogen open. Wat stel je vast?
Het gaat gemakkelijker dan met 1 oog.

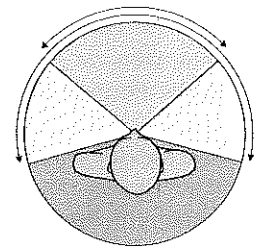
Formuleer een besluit en gebruik daarbij de woorden monoculair, binoculair en dieptezicht.

Als je monoculair kijkt, dan is je dieptezicht minder precies dan als je binoculair kijkt.

Door binoculair te kijken heb je meer dieptezicht en dat heb je nodig om afstanden tussen voorwerpen in te schatten.

De beelden op het netvlies van beide ogen zijn niet volledig identiek. Dat komt doordat het linker- en het rechteroog het voorwerp vanuit een iets andere hoek zien. Door met **twee ogen (= binoculair)** te kijken, overlappen de gezichtsvelden van beide ogen en ontstaat **dieptezicht**. Daarmee kun je **afstanden tussen voorwerpen inschatten**. Dat lukt ook enigszins met één oog, maar veel minder precies.

Diepte zien is een leerproces dat jaren duurt. Kinderen zijn maar in staat afstanden tussen bewegende voorwerpen juist in te schatten vanaf 10 jaar. Pas dan kunnen ze bijvoorbeeld veilig de straat oversteken.



dieptezicht
geen dieptezicht
buiten het gezichtsveld

Fig. 1.40 Gezichtseld en dieptezicht bij de mens



OPDRACHT 29

Vergelijk dieptezicht en gezichtsveld bij een uil, een duif, een konijn en een vos.

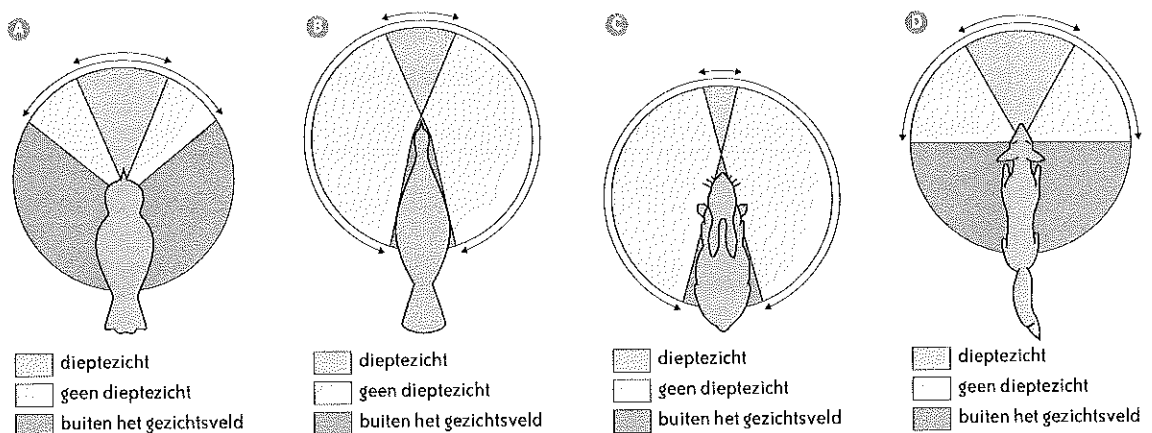


Fig. 1.41 Dieptezicht en gezichtsveld bij een uil (A), een duif (B), een konijn (C) en een vos (D).

a Leg een verband tussen dieptezicht, gezichtsveld en levenswijze van die dieren.

De uil en de vos zijn roofdieren. Ze moeten afstanden kunnen inschatten, dus veel dieptezicht met overlappende gezichtsvelden is noodzakelijk.

De duif en het konijn zijn prooidieren. Ze moeten veel kunnen zien en hebben dus een groot gezichtsveld met weinig dieptezicht.

b Hoe komt het dat een uil en een vos zoveel dieptezicht hebben?

Hun ogen staan vooraan ingeplant, zodat de gezichtsvelden van beide ogen elkaar overlappen waardoor dieptezicht ontstaat.

3.3 Gezichtsbedrog of optische illusie

Gezichtsbedrog of optische illusie komt voor als **hetgeen we waarnemen niet overeenkomt met wat werkelijk gegeven is**. In het dagelijks leven komt gezichtsbedrog veel voor en vaak zijn we er ons niet van bewust. Zien is immers een optelsom van veel aspecten. Elk van die aspecten – afstand, vorm, afmeting, kleur, beweging, helderheid – kan fout geïnterpreteerd worden.



OPDRACHT 30

- a Bekijk de volgende voorbeelden van optische illusies en beantwoord de vragen.

- 1 Wat zie je?

een vaas en twee gezichten

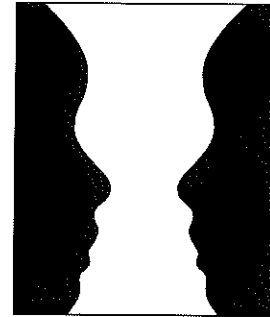


Fig. 1.42

- 2 Wat staat er niet getekend?

een driehoek en een bol

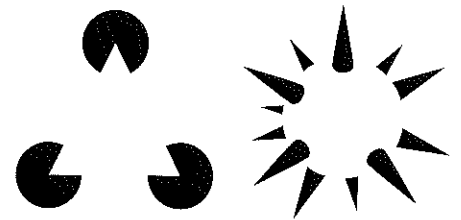


Fig. 1.43

- 3 Zijn de binnenste cirkels even groot? Meet ze na.

De binnenste cirkel links lijkt kleiner dan de binnenste cirkel rechts.

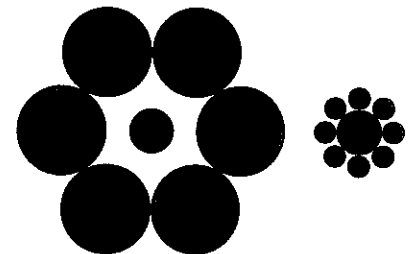


Fig. 1.44

- 4 Onderzoek of de horizontale lijnen parallel zijn. Wat stel je vast?

Ze zijn parallel, maar ze lijken schuin te lopen.

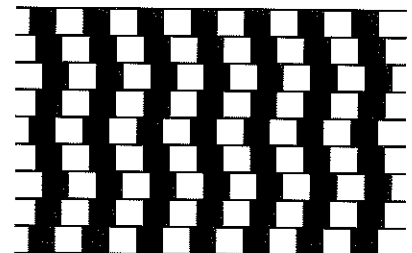


Fig. 1.45

- 5 Onderzoek of de horizontale lijnen recht of gebogen zijn. Wat stel je vast?

De horizontale lijnen zijn recht.

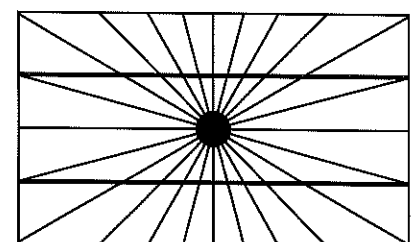


Fig. 1.46

- 6 Bedek de rechterkant van de figuur en tel het aantal tanden van de vork. Hoeveel tel je er?

3

Bedek de linkerkant van de figuur en tel het aantal tanden van de vork. Hoeveel tel je er?

2

- 7 Beweeg met je ogen over het beeld of beweeg het beeld langzaam heen en weer. Wat stel je vast?

De cirkel lijkt zich los te maken van de achtergrond en in tegengestelde richting te bewegen.

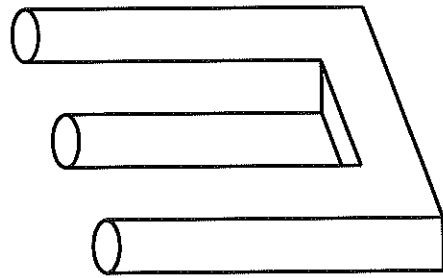


Fig. 1.47

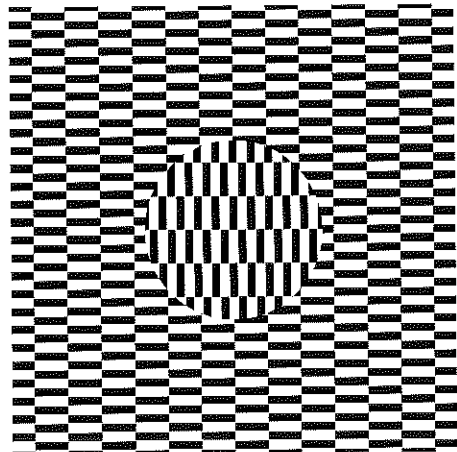


Fig. 1.48

- 8 Zijn de lijnstukken even lang? Meet ze na.

De lijnstukken lijken niet even lang, maar ze zijn wel even lang.

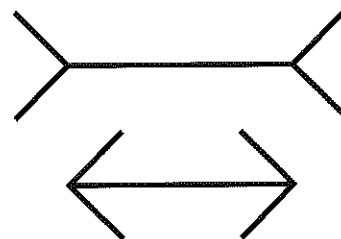


Fig. 1.49

- 9 Liggen de schuine lijnen in elkaars verlengde of niet?

De schuine lijnen liggen in elkaars verlengde al lijkt dat niet zo.

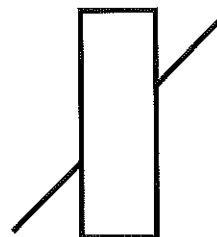


Fig. 1.50

- 10 Hebben alle grijze vlakken dezelfde grijs-tint of niet?

Alle grijze vlakken hebben dezelfde grijs-tint.

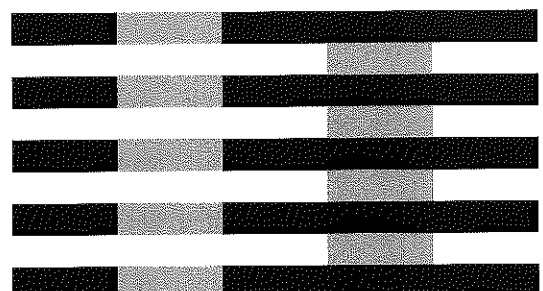


Fig. 1.51

b Zoek bij elke optische illusie de passende verklaring. Vorm de juiste cijfer-lettercombinaties.

A	Er zijn alleen maar rechte lijnen in deze afbeelding, maar door de plaatsing van de zwarte en witte vlakken lijken de horizontale lijnen schuin te lopen.	F	We komen tot een foutieve interpretatie van lengte omdat we niet alleen de lijnstukken vergelijken, maar ook de pijlpunten.
B	We interpreteren de schuine lijn als gebroken, omdat we de neiging hebben scherpe hoeken groter en stompe hoeken kleiner in te schatten.	G	Dit beeld is een figuur/achtergrond-illusie. De figuur en de achtergrond kunnen verwisseld worden. Beide hebben een betekenis waardoor er een 'omklapfiguur' ontstaat.
C	Deze illusie ontstaat door het verkeerd inschatten van oppervlakte. De grootte van een voorwerp wordt dikwijls geschat door de vergelijking te maken met andere voorwerpen in de omgeving. Hoe kleiner de omgeving, hoe groter de binnenkant lijkt.	H	Deze illusie – de 'duivelsvork'-illusie genoemd – is een voorbeeld van een onmogelijke figuur. Het is een tweedimensionaal beeld waarvan de driedimensionale interpretatie onmogelijk is, omdat er tegenstrijdige diepteaanwijzingen in voorkomen. De omtreklijn van de middelste tand gaat over in de omtreklijnen van de 2 buitenste tanden.
D	De grijze vlakken links lijken veel lichter dan de grijze vlakken rechts. In werkelijkheid hebben alle grijze vlakken dezelfde grijsint. We komen tot die foutieve interpretatie omdat de grijze vlakken links omringd worden door zwart en rechts door wit.	I	De achtergrondlijnen geven de indruk dat er perspectief aanwezig is. Daardoor krijgen we een valse indruk van diepte en zien we de horizontale lijnen alsof ze van elkaar weg gebogen zijn.
E	Deze illusie ontstaat omdat de hersenen de prikkels van horizontaal bewegende en verticaal bewegende vlakken apart en niet precies even snel verwerken.	J	Doordat we vormen kennen, zijn onze hersenen in staat om aangeduide contouren tot een gesloten vorm te combineren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G	J	C	A	I	H	E	F	B	D

3.4 Nawerking van beelden

Een beeld dat op het netvlies valt, werkt nog een tijdje na. De fotopigmenten in de staafjes en kegeltjes worden afgebroken en moeten opnieuw aangemaakt worden. Dat gaat wel heel snel, maar toch is er een korte periode dat de fotoreceptoren niet meer prikkelbaar zijn. In de hersenen wordt geen nieuw beeld waargenomen en het vorige beeld blijft nawerken. We spreken van een **nabeeld**, een beeld dat langer aanhoudt dan de daadwerkelijke waarneming.



OPDRACHT 31

Kijk gedurende 30 s intensief naar het zwarte vlekje in het linkerplaatje. Vervolgens kijk je naar het zwarte vlekje in het rechterplaatje. Wat stel je na enkele seconden vast?

In het rechterplaatje zie je het silhouet van het linkerplaatje. Dat nabeeld blijft enkele seconden nawerken en valt dan weg.

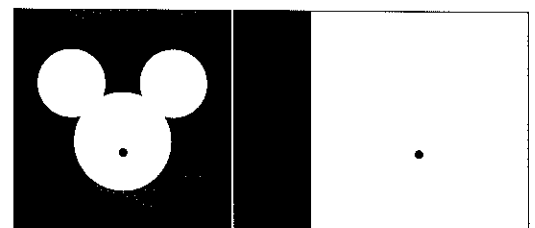


Fig. 1.52 Tekening waarmee je nabeeld kunt ervaren

Thema 1 - Lichtreceptoren

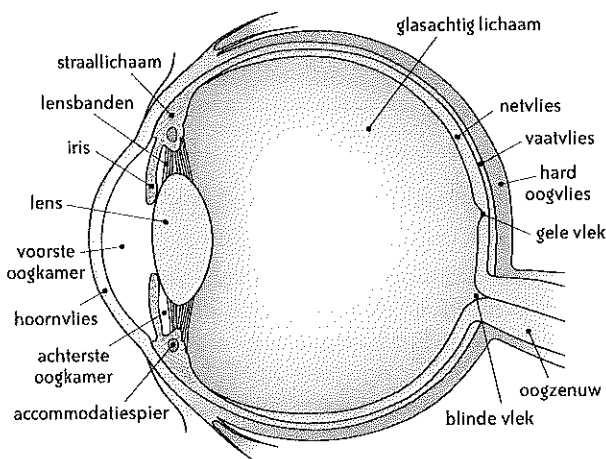
Samenvatting

1 Bouw van het oog

beschermende delen rond het oog	functie
oogkas	vormt een stevig omhulsel rond de oogbol
vetkussen	houdt de oogbol op zijn plaats en vangt schokken op
wenkbrauwen	verhinderen dat water en zweet in het oog lopen
oogleden	beschermen tegen stof en te fel licht
wimpers	beschermen tegen stof
traanklier met traanvocht	beschermen tegen uitdroging en ontsmetten de oogbol

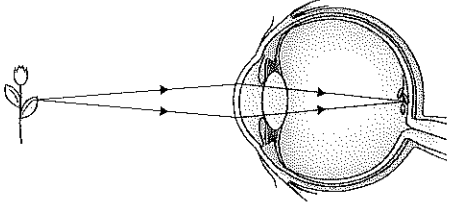
oogspieren	functie
- aangehecht op de oogbol 4 rechte oogspieren 2 schuine oogspieren	De zes oogspieren werken zo samen dat beide ogen op eenzelfde punt, het fixatiepunt , gericht zijn.

inwendige bouw van het oog
oogbolwand
- harde oogvlies met vooraan het doorzichtige hoornvlies - vaatvlies met vooraan het straallichaam en de iris - netvlies met gele en blinde vlek
doorzichtige structuren binnen de oogbol
- vorste en achterste oogkamer - ooglens - glasachtig lichaam
vertroebeling van de ooglens: cataract



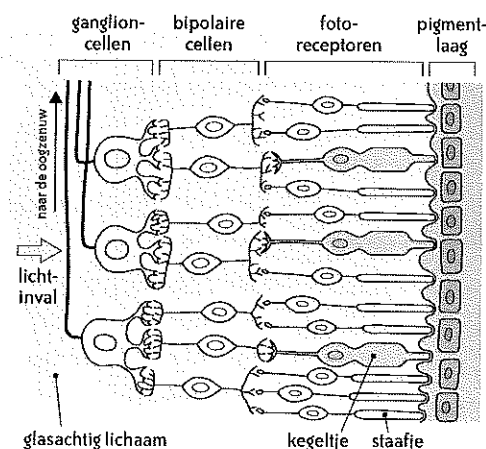
2 Werking van het oog

regeling van de lichttoevoer	
delen van de iris	functie
iriskringspieren	bij samentrekking de pupil vernauwen
irisstraalspieren	bij samentrekking de pupil verwijden
pigment in de iris	overtollig licht afschermen

beeldvorming in het oog	
	Invallende lichtstralen worden vooral gebroken op het hoornvlies en de lens. Ze convergeren zodanig dat de beeldvorming gebeurt op het netvlies. Er wordt een verkleind en omgekeerd beeld gevormd.

accommodatie (scherpstelling) bij beeldvorming		
de lens accommoderen op 'ver'	de lens accommoderen op 'dichtbij'	
• Accommodatiespier is ontspannen. • Lensbanden worden aangetrokken. • Lens is afgeplat.	• Accommodatiespier trekt samen. • Lensbanden hangen door. • Lens wordt boller.	
afwijkingen bij accommodatie		
verziendheid	bijziendheid	ouderdomsverziendheid
Oogbol is te kort of lens is te plat.	Oogbol is te lang of lens is te bol.	Elasticiteit van de lens vermindert. Accommodatiespier verslapt.
bril met bolle lenzen	bril met holle lenzen	leesbril met bolle lenzen

fotoreceptoren in het netvlies	
bouw van het netvlies	functie
pigmentlaag	licht absorberen om weerkaatsing te vermijden
laag met fotoreceptoren	lichtprikkel omvormen tot een zenuwimpuls • staafjes met lage prikkel drempel en niet kleurgevoelig • kegeltjes met hoge prikkel drempel en kleurgevoelig
laag met bipolaire cellen	impuls doorgeven van de fotoreceptoren naar de ganglioncellen
laag met ganglioncellen	impuls doorgeven aan de oogzenuw



3 'Zien' met je hersenen

- De hersenen verwerken de **twee netvliesbeelden tot één geheel**.
- Door met twee ogen (= binoculair) te kijken, overlappen de gezichtsvelden van beide ogen en ontstaat er **dieptezicht**, waardoor je afstanden tussen voorwerpen kunt inschatten.
- **Gezichtsbedrog** of optische illusie is een foute interpretatie van een beeld waarbij hetgeen we waarneemen niet overeenkomt met wat werkelijk gegeven is.
- Een **nabeeld** is een beeld dat in de hersenen nawerkt, doordat de fotoreceptoren niet onmiddellijk op nieuw prikkelbaar zijn in de korte periode dat ze nieuwe fotopigmenten moeten aanmaken.

Wat je zeker moet kunnen

- ☐ Op een model of op beeldmateriaal van het oog bij zoogdieren de macroscopisch waarneembare structuren aanduiden en benoemen.
- ☐ Op beeldmateriaal van het netvlies de staafjes en de kegeltjes aanduiden en benoemen.
- ☐ De functies van de verschillende macroscopische structuren in het oog verwoorden.
- ☐ De functies van de verschillende microscopische structuren in het oog verwoorden.
- ☐ De werking van het oog – pupilreflex, beeldvorming, accommodatie, lichtgevoeligheid, kleurgevoeligheid – beschrijven en verklaren.
- ☐ Aantonen dat het verwerken van beelden, 'het zien', een proces is dat in de hersenen tot stand komt.
- ☐ Een voorbeeld van een oogstoornis toelichten en illustreren hoe ze kan gecorrigeerd of behandeld worden.

Leerstof verwerken



OPDRACHT 32

Op de tekening zie je een doorsnede van het oog. Schrijf naast elk nummer in de tabel de juiste naam.

nummer	deel van het oog
1	oogspier
2	glasachtig lichaam
3	vaatvlies
4	netvlies
5	oogzenuw
6	gele vlek
7	blinde vlek
8	ooglens
9	harde oogvlies
10	iris
11	vorste oogkamer
12	lensbanden
13	hoornvlies

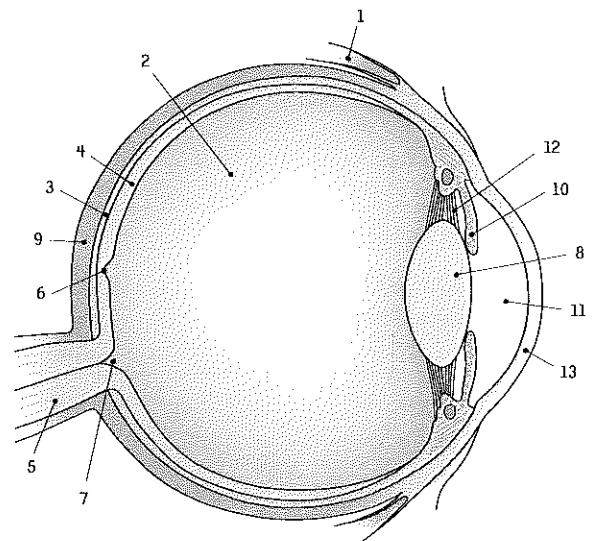


Fig. 1.53 Doorsnede door het oog



OPDRACHT 33

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

De oogbolwand bestaat uit 3 oogrokken. Van buiten naar binnen zijn dat

- a harde oogvlies – vaatvlies – netvlies.
- b harde oogvlies – netvlies – vaatvlies.
- c netvlies – vaatvlies – harde oogvlies.
- d vaatvlies – netvlies – harde oogvlies.

a



OPDRACHT 34

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Het vergroten en verkleinen van de pupil gebeurt door spieren in

- a de lens.
- b het regenboogvlies.
- c het hoornvlies.
- d het netvlies.

b



OPDRACHT 35

Zijn de volgende uitspraken WAAR of NIET WAAR? Verbeter indien nodig.

- 1 Een bolle lens doet invallende lichtstralen convergeren.

waar

- 2 Het punt waar evenwijdig invallende lichtstralen na lichtbreking door een bolle lens elkaar snijden, is het brandpunt van de lens.

waar

- 3 Lichtstralen die door het middelpunt van een bolle lens gaan, convergeren in het brandpunt.

Niet waar, ze worden niet gebroken.



OPDRACHT 36

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Je leest een boek en je gebruikt een leeslamp zodat het boek sterk verlicht is.

Hoe zijn de pupil en de ooglenzen ingesteld?

- a grote pupil en bolle lens
- b grote pupil en afgeplatte lens
- c kleine pupil en bolle lens
- d kleine pupil en afgeplatte lens

c



OPDRACHT 37

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Wanneer de lens bij veroudering haar elasticiteit verliest, is de persoon

- a verziend en heeft hij een leesbril met bolle lenzen nodig.
- b verziend en heeft hij een leesbril met holle lenzen nodig.
- c bijziend en heeft hij een leesbril met bolle lenzen nodig.
- d bijziend en heeft hij een leesbril met holle lenzen nodig.

a



OPDRACHT 38

Op de tekening zie je een doorsnede van het netvlies.

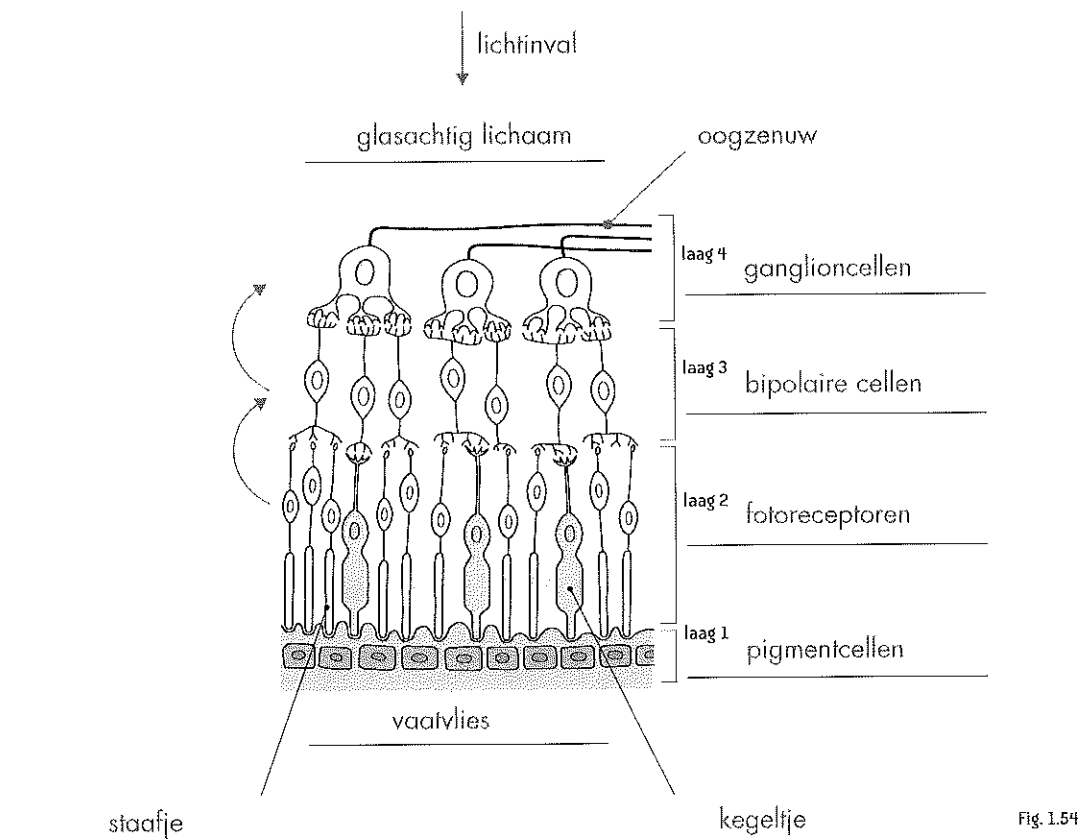


Fig. 1.54

- Benoem de vier lagen van het netvlies.
- Benoem de aangeduide cellen.
- Zet bij de tekening een pijl met het woord lichtinval.
- Zet bij de tekening een pijl met het woord oogzenuw.
- Duid aan op de tekening welk deel van het oog zich bovenaan en onderaan t.o.v. de tekening bevindt.
- Plaats links bij de tekening gebogen pijlen om weer te geven waar de zenuwimpuls ontstaat en hoe die wordt doorgegeven van cel tot cel.
- Is dit een stukje van het netvlies aan de gele vlek of daarbuiten? Verklaar je antwoord.

Het is een stukje buiten de gele vlek, omdat staafjes en kegeltjes door elkaar liggen en omdat meerdere kegeltjes en staafjes met 1 bipolaire cel verbonden zijn.



OPDRACHT 39

In het (niet volledig) duister kun je de ogen van een kat zien oplichten, die van een mens niet. Hoe kun je dat verklaren?

In het oog van een kat bevindt zich een tapetum, een lichtweerskaatsende laag. Het invallende licht wordt daarop weerkaatst en lijkt uit de ogen van de kat te komen. Bij de mens komt geen tapetum voor.



OPDRACHT 40

Zijn de volgende gegevens van toepassing op de staafjes of de kegeltjes?
Plaats – waar mogelijk – een kruisje in de juiste kolom.

gegevens	staafjes	kegeltjes
ongeveer 120 miljoen per netvlies	x	
liggen aan de rand van het netvlies	x	
liggen in de gele vlek		x
liggen in de blinde vlek		
hebben een lage prikkel drempel	x	
zijn kleur gevoelig		x
ongeveer 5 miljoen per netvlies		x



OPDRACHT 41

Waarom is er op de blinde vlek geen beeldvorming mogelijk?

Op de blinde vlek liggen er geen fotoreceptoren en is er dus geen beeldvorming mogelijk.



OPDRACHT 42

Welke eigenschap moeten de zenuwcellen in het netvlies zeker hebben? Verklaar.

Ze moeten doorzichtig zijn opdat het licht tot bij de staafjes en de kegeltjes zou geraken.



OPDRACHT 43

Een tekort aan vitamine A leidt tot nachtblindheid. Wat is het verband?

Vitamine A is nodig om rodopsine aan te maken in de staafjes. Als de staafjes niet goed werken door tekort aan vitamine A ontstaat er nachtblindheid.



OPDRACHT 44

Rond en in het oog liggen heel wat spieren. In de tabel vind je een aantal bewegingen waarvoor die spieren verantwoordelijk zijn. Noteer voor elke beweging de juiste naam van de spier.

beweging	naam van de spier
de ogen openen	ooglidopheffer
de pupil vernauwen	iriskringspier
de pupil vergroten	irisstraalspieren
de kromming van de lens veranderen	accommodatiespier



OPDRACHT 45

Welke weg doorlopen de lichtstralen vanaf het hoornvlies tot aan de kegeltjes en de staafjes in het netvlies?

