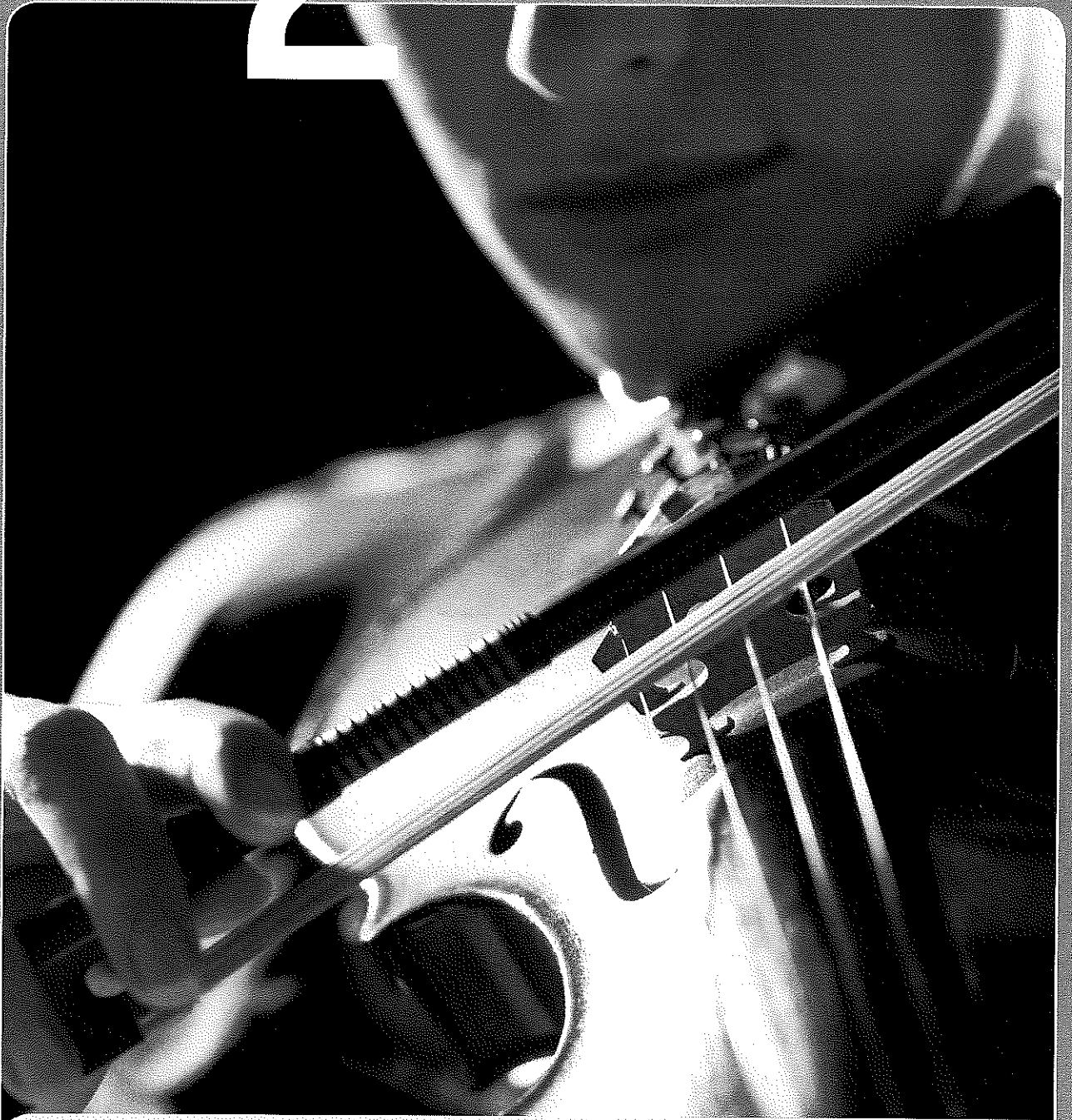


Thema 2 Geluidsreceptoren



Waarover gaat dit thema?

In de omgeving van organismen komen veel prikkels voor in de vorm van **geluidsprikkels**. Geluiden zijn trillingen die zich doorheen lucht, water of een vaste stof kunnen voortplanten. Aan elk geluid kunnen we een toonhoogte en een geluidsterkte toekennen.

In dit thema bespreken we **de bouw en de werking van het oor**. Ons gehoorzintuig bestaat uit drie grote delen: het **uitwendig oor**, het **middenoor** en het **inwendig oor**. De trillingsgevoelige cellen, **geluids- of fonoreceptoren**, die de geluidsprikkels verwerken, liggen in het inwendig oor. Ze vormen geluidsprikkels om tot impulsen die naar de hersenen vervoerd worden. Dat leidt tot de gewaarwording van het **horen**.

De oorzaak en de behandeling van enkele **stoornissen van het oor**, zoals middenoorontsteking en gehoorverlies, komen ook aan bod.



1

Geluiden zijn trillingen

Dat geluiden trillingen zijn, kan je uit de volgende **experimentele waarnemingen** afleiden.



AAN DE SLAG 11 Waarnemen dat geluiden trillingen zijn

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

Wat heb je nodig?

- kam
- statief
- elastiek
- stemvork met hamertje
- lange lat of breinaald
- pingpongballetje aan een touwtje
- brooddoos

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

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Ga met je nagel over de tanden van een kam.
Wat stel je vast?

De tanden trillen en je hoort een geluid.

- 2 Sla een stemvork hard aan. Plaats met behulp van een statief het pingpongballetje tegen één van de benen van de stemvork. Wat stel je vast?

Je hoort het geluid van de stemvork.

Het pingpongballetje wordt afgestoten, ook als je het geluid bijna niet meer hoort.

Je ziet de trillingen van de stemvorkbenen.

- 3 Leg een lat of een breinaald zo op een tafelblad dat het grootste deel ervan over de rand uitsteekt. Houd het korte uiteinde stevig vast en doe het lange deel trillen.
Wat stel je vast?

Je hoort een geluid.

- 4 Span een elastiek over een open brooddoos. Laat de elastiek trillen. Wat stel je vast?

Je hoort een geluid.

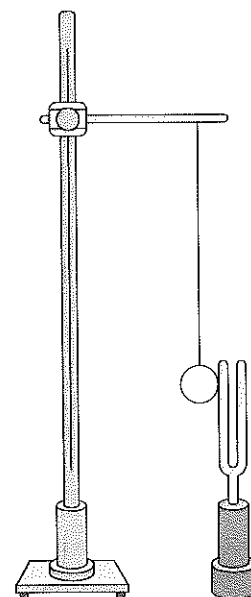


Fig. 2.1

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

Vul aan.

Geluiden zijn trillingen.

Het voorwerp dat trilt, noemen we de geluidsbron.

Geluiden zijn trillingen die maar waargenomen kunnen worden als er zich een middenstof bevindt tussen ons oor en het trillend voorwerp. Meestal is die **middenstof lucht**. De trillingen van de geluidsbron veroorzaken in de omringende lucht kleine schommelingen in de luchtdruk; de lucht wordt afwisselend samengedrukt en ontspannen. Die drukschommelingen planten zich voort in de vorm van **golven**. Treffen de golven ons trommelvlies (zie 5.1.3), dan gaat het trommelvlies aan het trillen en worden de trillingen verder doorgegeven. Op die manier prikkelen ze de trillingsgevoelige cellen of **geluidsreceptoren (fonoreceptoren)** in ons oor en nemen we geluid waar.

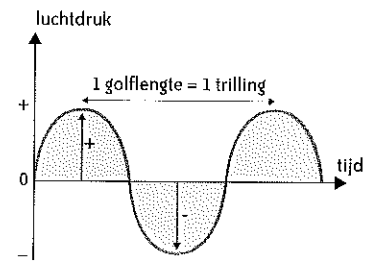


Fig. 2.2 Luchtdrukschommelingen in de vorm van golven



AAN DE SLAG 12

Onderzoeken dat geluiden zich voortplanten doorheen een middenstof

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvraag: Plant geluid zich voort doorheen gassen, vloeistoffen en vaste stoffen en in het luchtledige?

Hypothese: Geluid plant zich voort doorheen gassen, vloeistoffen en vaste stoffen, maar niet in het luchtledige.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Wat heb je nodig?

- brooddoos
- elastiek
- houten wasspeld
- bokaal gevuld met water
- wekker
- vacuümpomp en klok

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

1 Span een elastiek over de lengte van een open brooddoos. Laat de elastiek trillen. Je hoort een geluid. Door welke middenstof heeft het geluid zich voortgeplant? door lucht

2 Houd een bokaal met water tegen je oor. Steek in dat water een wasspeld en open en sluit die een aantal keren. Wat stel je vast?

Je hoort telkens een klikgeluid.

Door welke middenstof heeft het geluid zich voortgeplant? door water

3 Tik met je vinger op een niet-hoorbare manier op een tafel. Vraag aan een klasgenoot om met zijn oor op tafel te luisteren. Wat kan je klasgenoot vaststellen?

Je hoort het tikken van de vinger.

Door welke middenstof heeft het geluid zich voortgeplant? door de tafel

- 4 Laat een wekker rinkelen onder een klok waaruit de lucht werd weggepompt. Hoor je het geluid van de wekker? Geef een verklaring.

Neen, want er is geen middenstof
waarin het geluid zich kan
voortplanten.

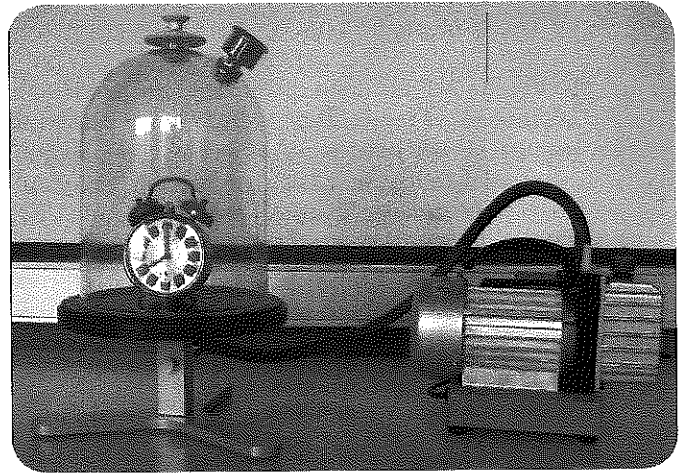


Fig. 2.3

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Formuleer op basis van je waarnemingen een besluit. Gebruik het woord middenstof.

Geluiden planten zich voort doorheen gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.

In het luchtledige kunnen geluiden zich niet voortplanten omdat er geen middenstof is.



OPDRACHT 1

Leid uit de foto's af wat de geluidsbron is en wat de middenstof is waardoorheen het geluid zich voortplant.



Fig. 2.4 Aangestreken snaren van een viool

geluidsbron:

trillende snaren

middenstof: lucht

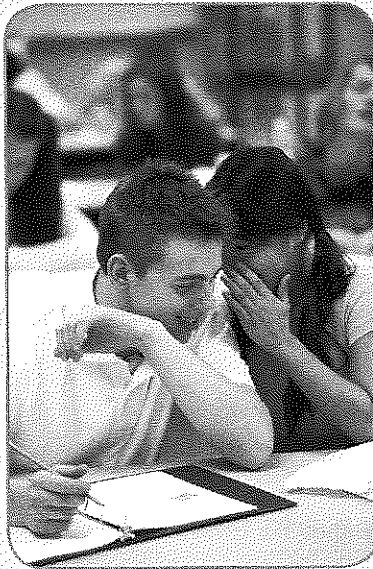


Fig. 2.5 Fluisteren in iemands oor

geluidsbron:

trillende stembanden

middenstof: lucht

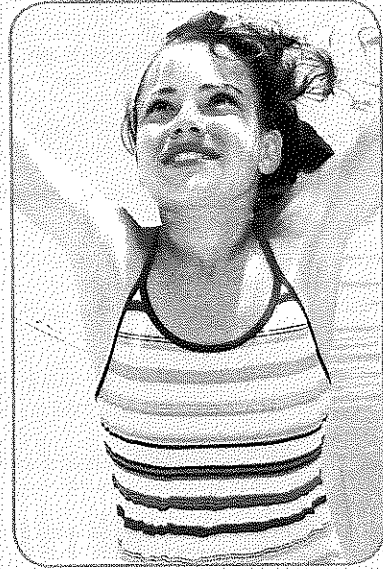


Fig. 2.6 Onder water hoor je de stem van de zweminstructeur.

geluidsbron:

trillende stembanden

middenstof: lucht en water



2

Toonhoogte

De geluiden die we rondom ons horen, noemen we **tonen**. Aan elke toon kunnen we een **toonhoogte of frequentie** toekennen. De frequentie is het **aantal trillingen per seconde** en wordt uitgedrukt in **Hertz (Hz)**. 1 Hz = 1 trilling per seconde; dat komt overeen met 1 golflengte per seconde.

Geluiden met een **lage frequentie** (weinig trillingen per seconde) hebben een **lange golflengte** en komen overeen met **lage tonen**.

Geluiden met een **hoge frequentie** (veel trillingen per seconde) hebben een **korte golflengte** en horen we als **hoge tonen**.



OPDRACHT 2

Leid uit de grafieken A en B af wat van toepassing is en schrap in de tabel wat niet past.

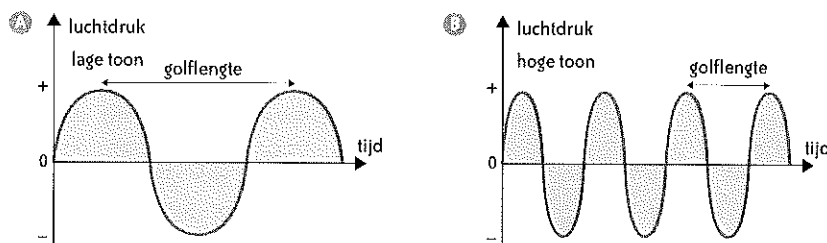


Fig. 2.7 Verband tussen toonhoogte (frequentie) en golflengte bij een lage (A) en een hoge toon (B)

A	kenmerken van geluid met een lage toon	HOGE / LAGE frequentie	VEEL / WEINIG trillingen per seconde	KORTE / LANGE golflengte
B	kenmerken van geluid met een hoge toon	HOGE / LAGE frequentie	VEEL / WEINIG trillingen per seconde	KORTE / LANGE golflengte



OPDRACHT 3

Ons stemgeluid ontstaat doordat de stembanden door uitgeademde lucht in trilling worden gebracht. Volwassen mannen hebben een lage stem (zangstem bas of tenor). Vrouwen hebben een hoge stem (zangstem alt of sopraan).

Wat kun je hieruit besluiten over de lengte van de stembanden bij mannen en vrouwen?

Mannen hebben langere stembanden dan vrouwen.



OPDRACHT 4

Voor de puberteit hebben jongens en meisjes een stem met dezelfde toonhoogte. Bij jongens verandert de stem onder invloed van het hormoon testosteron. Wat gebeurt er met hun stembanden en welk effect heeft dat op hun stem?

De stembanden worden langer en daardoor verzwaart de stem.



3

Geluidssterkte

Aan elk geluid kunnen we een **geluidssterkte** of **geluidsintensiteit** (ook volume genoemd) toekennen. Geluidssterkte is op te vatten als de **hoeveelheid trillingsenergie** en komt overeen met de **uitwijking** (amplitude) **van de trilling**. We drukken geluidssterkte uit in **decibel (dB)**.

Door bijvoorbeeld harder of zachter op de toets van een piano te drukken, zal de uitwijking van de trillende snaar veranderen. Hoe groter de uitwijking, hoe wijder de luchttrillingen, hoe heftiger ons trommelylies heen en weer geschud wordt en hoe sterker het geluid wordt waargenomen.

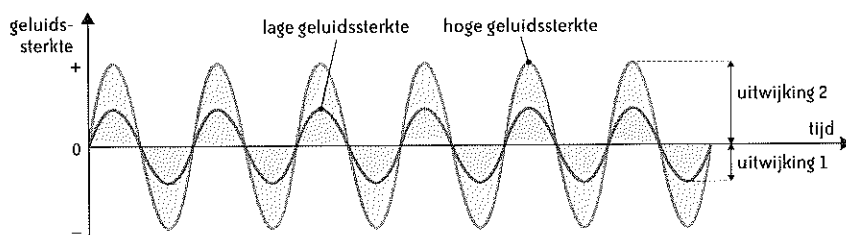


Fig. 2.8 De uitwijking (amplitude) van de trilling bepaalt de geluidssterkte.

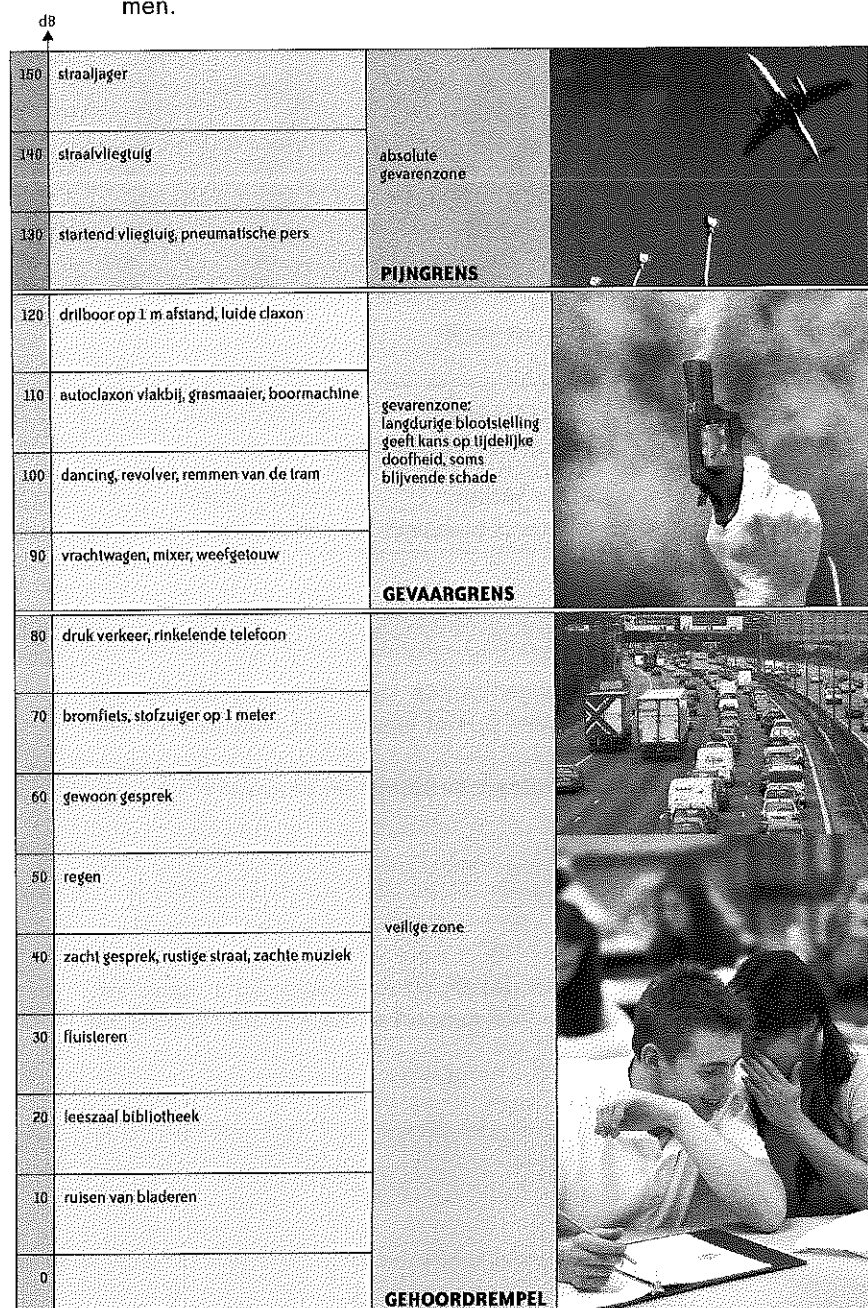


Fig. 2.9 De decibelschaal met aanduiding van gehoordrempel, gevaargrens en pijngrens

Onder de 80 dB zijn geluiden veilig voor onze oren. Geluidsintensiteiten vanaf 90 dB worden gevaarlijk. Dat betekent dat er bij langdurige blootstelling aan die sterke geluiden schade kan optreden aan de geluidsreceptoren in het oor. Boven de 120 dB wordt geluid als pijnlijk ervaren en treedt er zeker gehoorschade op.

We kunnen niet genoeg waarschuwen voor het gevaar van te sterke geluiden bij festivals en fuiven. Om **gehoorschade** te **voorkomen**, is het gebruik van **oordopjes** – dikwijls gratis of heel goedkoop ter beschikking gesteld – aan te raden.



Decibelschaal

De decibelschaal heeft een speciale schaalverdeling: per tien dB die erbij komt, wordt de geluidsintensiteit tienmaal groter. Plus tien op de decibelschaal komt overeen met maal tien voor de geluidsintensiteit. Een geluid van 70 dB is tienmaal sterker dan een geluid van 60 dB en honderdmaal sterker dan een geluid van 50 dB.



OPDRACHT 5

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

De grafiek stelt twee trillingen voor met

- a dezelfde frequentie en een verschillende geluidssterkte.
- b dezelfde toonhoogte en een verschillende geluidssterkte.
- c dezelfde geluidssterkte en een verschillende frequentie.
- d dezelfde toonhoogte en een verschillende frequentie.

c

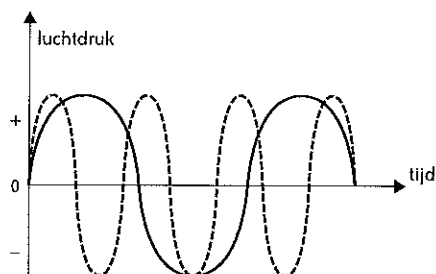


Fig. 2.10



Ultrageluiden en infrageluiden

Het menselijk oor neemt geluiden waar met frequenties tussen 16 en 20 000 Hz. Die waaier van frequenties noemen we het **gehoorspectrum**.

De grootste gevoeligheid ligt in het gebied tussen 2000 tot 4000 Hz. De prikeldrempel is in dit gebied het laagst. Dat betekent dat je bij een zeer lage geluidssterkte het geluid toch waarneemt. De frequenties van onze spraak liggen tussen 125 en 8000 Hz.

Geluiden met een frequentie hoger dan 20 000 Hz kunnen we niet horen. We spreken dan van **ultrageluiden**. Het gepep van **muizen** bijvoorbeeld bereikt frequenties tot 100 000 Hz, ver boven onze gehoorgrens.

Tonen met een frequentie lager dan 16 Hz horen we ook niet. Dat zijn voor ons **infrageluiden**. **Olifanten** en **walvissen** produceren infrageluid, dat kilometers ver kan doordringen.



Echolocatie

Echolocatie is het vermogen van bepaalde dieren om voorwerpen te lokaliseren door zelf **geluid uit te zenden** en het **echo-geluid op te vangen**. Dieren die echolocatie kunnen gebruiken, zijn vleermuizen, dolfijnen en sommige walvissen.

Om zich te oriënteren, zendt een vliegende **vleermuis** een geluid uit dat weerkaatst op voorwerpen in de omgeving. Die weerkaatsing of echo vangt ze op met haar grote oorschelpen. Daardoor kan ze plaats en vorm van die voorwerpen bepalen en zo rondvliegende insecten detecteren. Om zich een scherp beeld te kunnen vormen aan de hand van echo's (echolocatie is 'zien met je oren'), maken vleermuizen geluiden met een zeer hoge frequentie: ultrageluiden van meer dan 100 000 Hz.

Dolfijnen zenden hoogfrequente klikgeluiden uit om hun prooi te lokaliseren. Omdat dolfijnen geen oorschelpen hebben, worden de echo's opgevangen door de onderkaak en vandaar naar het middenoor geleid.

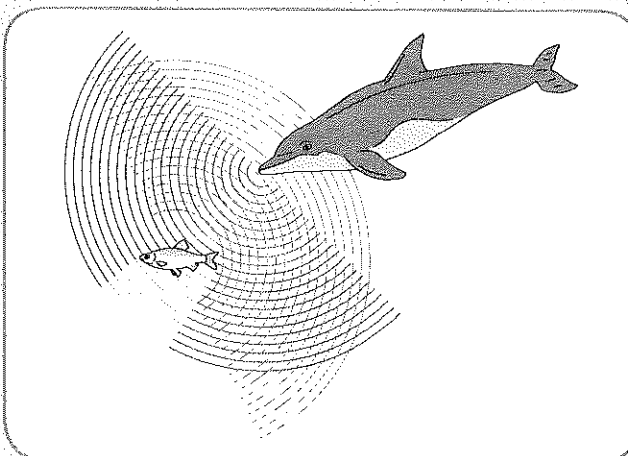


Fig. 2.11 Een dolfijn maakt gebruik van echolocatie om een prooi te lokaliseren.



4

Resonantie bij geluidsbronnen

De werking van ons oor is gebaseerd op het verschijnsel **resonantie**. Resoneren betekent **meetrillen**. Wat resonantie is, onderzoeken we met het volgende **experiment**.



AAN DE SLAG 13 Resonantie onderzoeken

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

Onderzoeksvraag: Kan een trillend voorwerp een ander voorwerp aan het trillen brengen?

Hypothese: Een trillend voorwerp kan via de middenstof een ander voorwerp aan het trillen brengen.

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

Wat heb je nodig?

- twee identieke stemvorken met hamertje
- 2 wc-papierrolletjes
- 2 elastiekjes
- 2 stukjes plasticfolie

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

Werkwijze en waarnemingen

- Plaats de twee stemvorken A en B met de klankkast naar elkaar toe. Sla stemvork A hard aan en leg na enkele seconden je handpalm op de benen van A.

Trilt stemvork A nog? neen

Wat gebeurt er met stemvork B? Die trilt wel en geeft geluid.

Is stemvork B door aanslaan aan het trillen gegaan? neen

Waardoor is stemvork B aan het trillen gegaan? door meetrillen of resonantie

- Dek één uiteinde van het papierrolletje af met een goed aanspannend stukje plasticfolie. Zet het open uiteinde tegen je mond en spreek erin met verschillende toonhoogten en geluidsterkten. Voel ondertussen met je vinger aan de folie.

Wat stel je vast? De folie trilt mee.



Fig. 2.12

- Doe hetzelfde als in 2, maar breng een klein scheurtje aan in het stukje plasticfolie.

Wat stel je vast? Je voelt de trillingen niet zo duidelijk.

Vul aan.

Wanneer een voorwerp aan het trillen gaat onder invloed van het trillen van een ander voorwerp, spreken we van resonantie. Daarbij wordt via de middenstof trillingsenergie van het trillend voorwerp naar het andere voorwerp overgedragen.

Geluidsprikkels die het trommenvlies in ons oor bereiken, doen het resoneren.

Wanneer er een gaatje in het trommenvlies is, zal het niet of moeilijker resoneren.

Er zijn talloze **voorbeelden van resonantie**:

- Vensters kunnen meetrillen wanneer een vliegtuig overvliegt.
- Trillingen teweeggebracht door het voorbijrijden van een zware vrachtwagen kunnen kristal of porselein in een kast doen meetrillen tot ze zelfs breken.
- Een krachtige stem van een zanger kan een kristallen glas zo doen meetrillen dat het barst.



5

Bouw en werking van het oor

Uitwendig zien we van ons gehoorzintuig alleen de oorschelp. Het gedeelte met de geluidsreceptoren ligt beschermd in het **rotsbeen**. Dat is een hard en dik onderdeel van het slaapbeen. In het rotsbeen zit een klein gaatje. Dat is de opening van de gehoorgang die toegang geeft tot de dieper gelegen delen van het gehoorzintuig.

Ons gehoorzintuig bestaat uit drie grote delen: het **uitwendig oor**, het **middenoor** en het **inwendig oor**. De geluidsreceptoren die de geluidsprikkels verwerken, liggen in het inwendig oor.

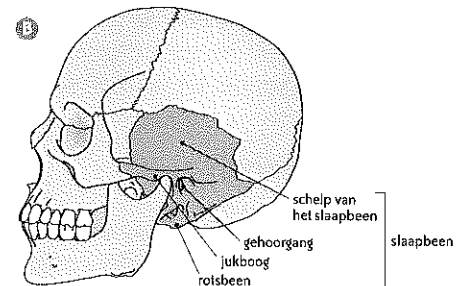
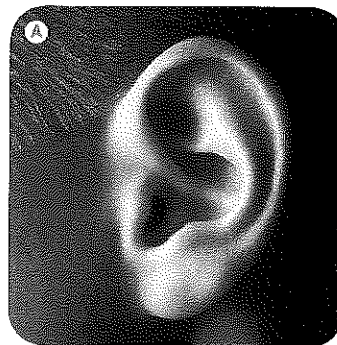


Fig. 2.13 Situering van het gehoorzintuig

A Oorschelp

B Het rotsbeen, onderdeel van het slaapbeen, bevat de inwendig gelegen delen van ons gehoorzintuig.

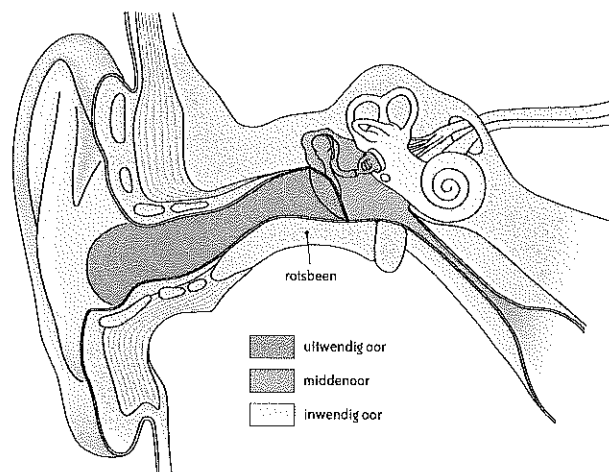


Fig. 2.14 De drie delen van het menselijk gehoorzintuig

5.1 Uitwendig oor

Het uitwendig oor is het **prikkelopvangend gedeelte** van ons gehoorzintuig. Het omvat de **oorschelp**, de **gehoorgang** en het **trommelvlies**.

5.1.1 Oorschelp

De **oorschelp** bestaat uit elastisch kraakbeen, bedekt met huid. De plooien van het kraakbeen geven de oorschelp een karakteristieke vorm. In de oorlel zit geen kraakbeen, maar alleen bindweefsel overdekt met huid.

De oorschelp functioneert als **een soort trechter om geluiden op te vangen**. Door zijn trechtersvorm versterkt de oorschelp het geluid in enige mate. Als je je hand achter je oorschelp plaatst, vergroot je de trechter en ondersteun je de prikkelopvangende functie.

Sommige mensen zijn in staat om hun oorschelpen een beetje op en neer te bewegen. Zij kunnen nog de spieren gebruiken die van de schedel naar de oorschelp lopen. Heel wat dieren kunnen hun oorschelpen draaien naar de richting van de geluidsbron. Die functie is bij de mens weggefallen. Wij draaien ons hoofd om een geluid beter te kunnen opvangen.

5.1.2 Gehoorgang

De **gehoorgang** is ongeveer 2,5 cm lang. Het eerste gedeelte is nog ondersteund door kraakbeen, het verdere gedeelte zet zich voort in het rotsbeen. Beide delen zijn bedekt door huid. De gehoorgang is gevuld met **lucht** en loopt als het ware dood op het trommelvlies.

Aan het begin van de gehoorgang is de huid bezet met **haartjes**. Ze hebben een stofwerende functie. In de huid van de gehoorgang zitten ook **smeerklieren**. Die produceren oorsmeer om de huid en het trommelvlies soepel en waterafstotend te houden. Het oorsmeer houdt ook stof tegen.

5.1.3 Trommelvlies

Het **trommelvlies** is een zeer dun vlies met een diameter van ongeveer 1 cm. Het vormt de grens tussen het uitwendig oor en het middenoor. Het trommelvlies is fijn dooraderd met bloedvaten. Het is ook voorzien van zenuwvezels, waardoor het zeer gevoelig is.

Het trommelvlies zal **door resonantie meetrillen** met de opgevangen geluidstrillingen. Die trillingen kunnen dan doorgegeven worden aan het middenoor.

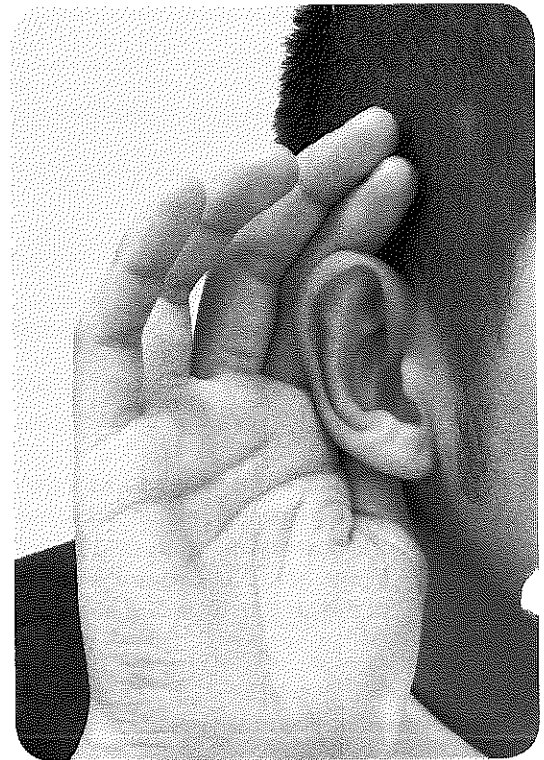


Fig. 2.15 De oorschelp is een trechter om geluiden op te vangen.

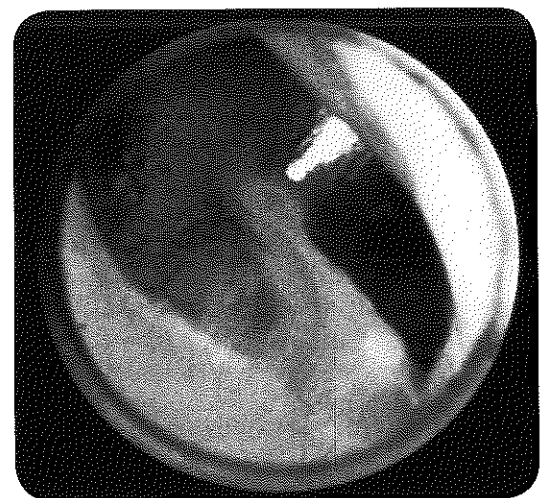


Fig. 2.16 Het uitzicht van een normaal trommelvlies (ø 1 cm) gezien vanuit de gehoorgang



OPDRACHT 6

Op de tekening zie je het uitwendig oor. Benoem alle aangeduide delen.

nummer	deel van het uitwendig oor
1	oorschelp
2	kraakbeen
3	rotsbeen
4	gehoorgang
5	haartjes
6	smeerklieren
7	trommelvlies



OPDRACHT 7

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Welk deel van het uitwendig oor reageert rechtstreeks op geluidstrillingen?

- a de oorschelp
- b de gehoorgang
- c het trommelvlies
- d de oorspieren

c

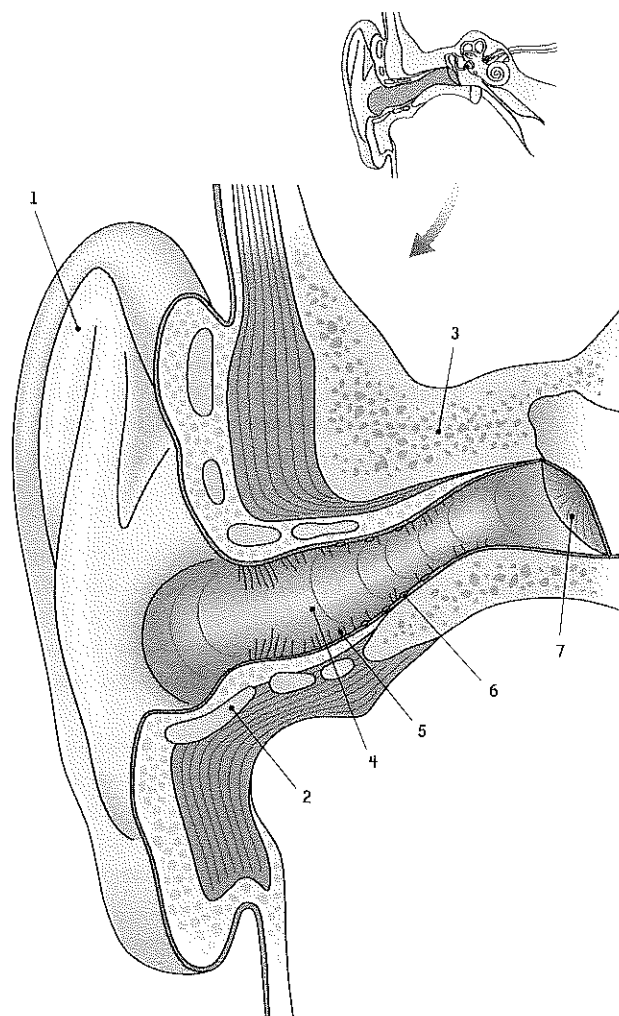


Fig. 2.17 Schematische voorstelling van de bouw van het uitwendig oor



OPDRACHT 8

De (functie)omschrijvingen hieronder stemmen overeen met een woord in de tabel. Plaats naast elk woord het juiste nummer. Soms kun je meerdere nummers plaatsen.

oorsmeer afscheiden (1) – geluiden doorgeven aan het trommelvlies (2) – de huid in de gehoorgang soepel houden (3) – geluiden van buitenaf opvangen (4) – het trommelvlies soepel houden (5) – stof tegenhouden (6) – het trommelvlies waterafstotend maken (7) – resoneren met de opgevangen geluidstrillingen (8)

deel van het uitwendig oor	functie(s)
oorschelp	4
gehoorgang	2
haartjes in de gehoorgang	6
smeerklieren in de gehoorgang	1
oorsmeer	3, 5, 6, 7
trommelvlies	8

5.2 Middenoor

Het middenoor is het **prikkelgeleidend gedeelte** van ons gehoorzintuig. Het bestaat uit de **trommelholte** en de **gehoorbeentjes**.

5.2.1 Trommelholte

De **trommelholte** is een smalle hoge ruimte in het rotsbeen. Ze is gevuld met **lucht**. Via de **buis van Eustachius** staat de trommelholte in verbinding met de keelholte. Zowel de trommelholte als de buis van Eustachius zijn bekleed met eenzelfde slijmvlies als de keelholte.

Gewoonlijk liggen de wanden van de buis van Eustachius slap tegen elkaar aan. Telkens als je slikt, gaan ze even open. Hierdoor wordt er verse lucht aangevoerd in de trommelholte en wordt de **luchtdruk aan weerszijden van het trommelvlies gelijk** gehouden.

Verschillen in luchtdruk kun je goed in je oren voelen wanneer je met een vliegtuig opstijgt of landt. Het trommelvlies reageert daarop door bol te gaan staan. Slikken en dus het openen van de buis van Eustachius helpen om de luchtdrukverschillen op te heffen.

In de wand van de trommelholte, naar het inwendig oor toe, liggen twee openingen, die elk met een vlies afgedekt zijn. De bovenste opening is het **ovaal venster**, de onderste is het **rond venster**.

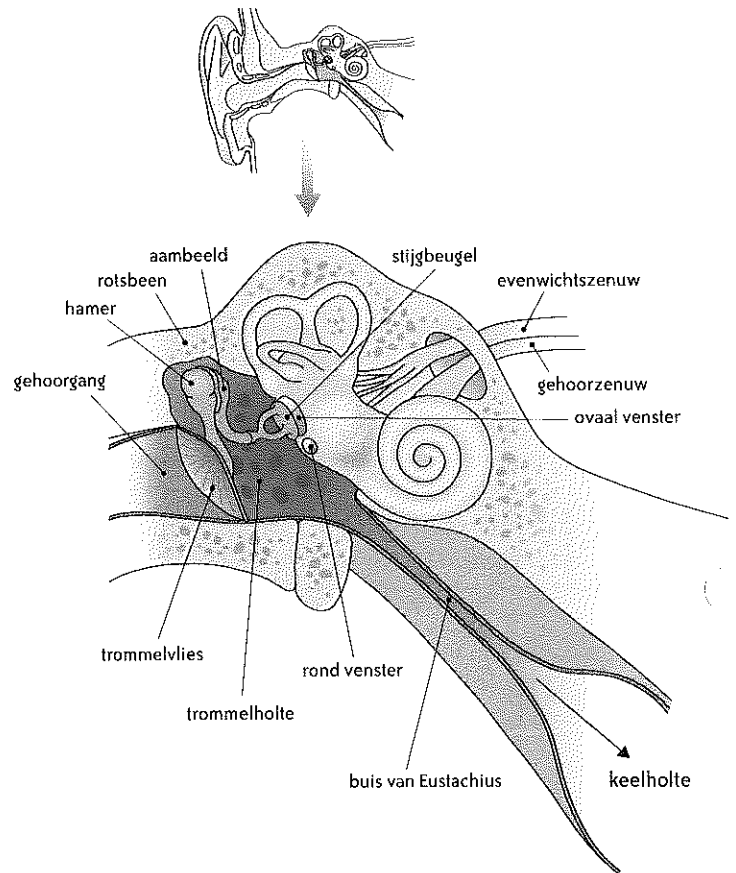


Fig. 2.18 Schematische voorstelling van de bouw van het middenoor

5.2.2 Gehoorbeentjes

In de trommelholte liggen de heel kleine gehoorbeentjes, nl. de **hamer**, het **aambeeld** en de **stijgbeugel**. De hamer is aan de ene kant verbonden met het trommelvlies en aan de andere kant met het aambeeld. Het aambeeld is op zijn beurt verbonden met de stijgbeugel. De onderzijde van de stijgbeugel past precies op het ovaal venster en is ermee vergroeid.

De gehoorbeentjes vormen een soort keten waarlangs de **trillingen van het trommelvlies worden overgebracht op het ovaal venster**. Door hefboomwerking tussen de gehoorbeentjes worden de trillingen **versterkt**. Omdat het ovaal venster een kleiner oppervlak heeft dan het trommelvlies, worden de trillingen nogmaals versterkt doorgegeven. Elke geluidstrilling die het trommelvlies in trilling brengt, wordt versterkt overgebracht op het ovaal venster.

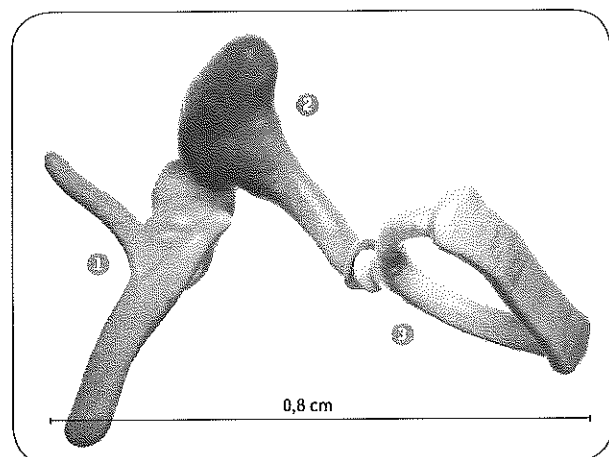


Fig. 2.19 De gehoorbeentjes

- 1 = hamer
- 2 = aambeeld
- 3 = stijgbeugel



OPDRACHT 9

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

Het trommelvlies verbindt de gehoorgang met

- a de stijgbeugel.
- b de oorschelp.
- c de buis van Eustachius.
- d de hamer.

d



OPDRACHT 10

Waarom is het nuttig dat het ovaal venster een kleiner oppervlak heeft dan het trommelvlies?

De trillingen en de trillingsenergie komen op een kleiner oppervlak terecht en worden daardoor versterkt doorgegeven aan het inwendig oor.

5.2.3 Ontsteking in de trommelholte: middenoorontsteking

Middenoorontsteking (otitis media) komt vaak voor bij kinderen en dan dikwijls samen met een verkoudheid. Omdat de buis van Eustachius niet goed werkt, is er een **ophoping van vocht in het middenoor**. Dat vocht is afkomstig van de omliggende weefsels en is een voedingsbodem voor bacteriën en virussen. Er ontstaat een **ontsteking** die gepaard gaat met ettervorming en koorts. De druk van de etter tegen het trommelvlies is erg pijnlijk. Een middenoorontsteking gaat ook gepaard met vermindering van het gehoor, omdat de geluidstrillingen gedempt worden in het aanwezige vocht.

De pijn vermindert wanneer de etter opgelost geraakt of door een gaatje in het trommelvlies wegvloeit. Er komt dan etter in de gehoorgang. Meestal verdwijnen de symptomen van een middenoorontsteking na enkele dagen. Het gaatje in het trommelvlies geneest spontaan. Bij een bacteriële infectie is het nodig om **antibiotica** te gebruiken.

Wanneer middenoorontstekingen zich geregeld voordoen, is het soms aangewezen een **trommelvliesbuisje te laten plaatsen**. Het doel van dat buisje is een open verbinding te maken tussen het middenoor en de gehoorgang.

Een trommelvliesbuisje wordt in een klein sneetje in het trommelvlies geplaatst. Het ene uiteinde zit in de trommelholte, terwijl het andere uiteinde zich in de gehoorgang bevindt. Direct na de behandeling zijn de meeste klachten verdwenen.

Een trommelvliesbuisje blijft enkele maanden tot zelfs enkele jaren zitten. Het wordt spontaan uitgestoten naar de gehoorgang. Het gaatje in het trommelvlies groeit vanzelf dicht.

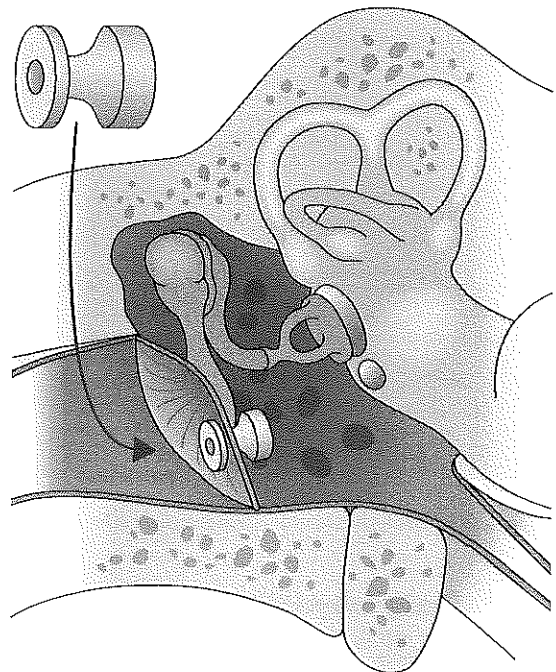


Fig. 2.20 De manier waarop een trommelvliesbuisje in het trommelvlies wordt geplaatst



OPDRACHT 11

Een keelontsteking kan soms aanleiding geven tot een middenoorontsteking. Hoe verklaar je dat?

Via de buis van Eustachius kunnen ziekteverwekkers vanuit de keelholte in de trommelholte terechtkomen en daar een ontsteking veroorzaken.

5.3 Inwendig oor

Het inwendig oor is het **prikkelverwerkend gedeelte** dat geluidsprikkels omvormt tot zenuwimpulsen. Het omvat de **halfcirkelvormige kanalen**, de **voorhof** en het **slakkenhuis**. Alleen in het slakkenhuis worden geluidsprikkels verwerkt. Het slakkenhuis is een onderdeel van **het benig en het vliezig labrynt**.

5.3.1 Benig en vliezig labrynt

Het **benig labrynt** is een geheel van **holten en gangen in het rotsbeen**.

Aan de bovenzijde van het benig labrynt zijn er **drie halfcirkelvormige kanalen**.

Aan de onderzijde heeft het labrynt de vorm van een **slakkenhuis**. De ruimte tussen de halfcirkelvormige kanalen en het slakkenhuis is de **voorhof**. In de wand ervan bevinden zich het ovaal en het rond venster, die aansluiting geven aan het middenoor.

De halfcirkelvormige kanalen en de voorhof bevatten de **evenwichtsreceptoren**. Die bespreken we in thema 3. In het slakkenhuis liggen de **geluidsreceptoren**.

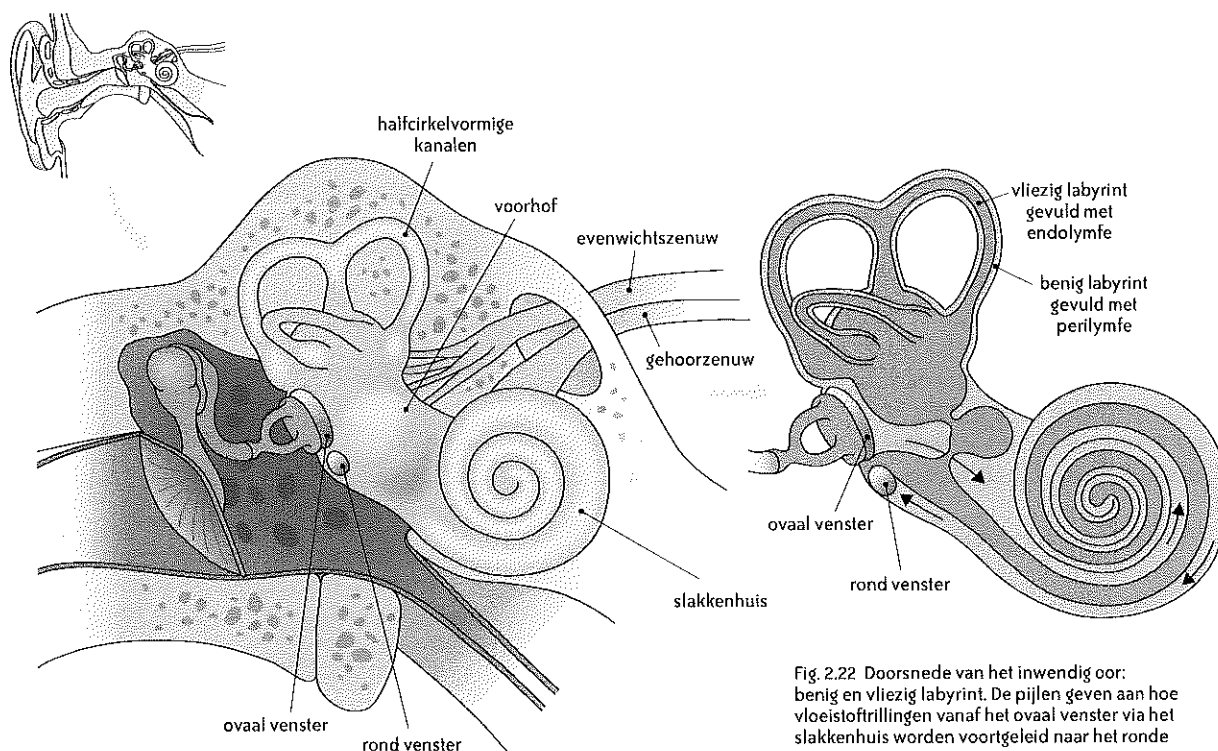


Fig. 2.21 Schematische voorstelling van de bouw van het inwendig oor

Fig. 2.22 Doorsnede van het inwendig oor: benig en vliezig labrynt. De pijlen geven aan hoe vloeistoftrillingen vanaf het ovaal venster via het slakkenhuis worden voortgeleid naar het ronde venster.

Het **vliezig labrynt** is het geheel van vliezen dat zich in het benig labrynt bevindt. Die vliezen volgen ongeveer de vorm van het benig labrynt.

De twee labrynten zijn gevuld met **vloeistof**. De vloeistof in het vliezig labrynt is de **endolymfe**. De vloeistof rond het vliezig labrynt is de **perilymfe**. De samenstelling van endo- en perilymfe verschilt in zoutgehalte.

Het verband tussen het benig en het vliezig labrynt en tussen endolymfe en perilymfe kunnen we vergelijken met een vinger in een handschoen. In die vergelijking komt de handschoen overeen met het rotsbeen en dus met de wand van het benig labrynt. De huid van de vinger correspondeert met het vliezig labrynt. De smalle ruimte tussen handschoen en vinger bevat perilymfe. In de vinger zit als het ware endolymfe.

5.3.2 Slakkenhuis

In het slakkenhuis kun je drie gangen onderscheiden. De **bovenste gang** begint aan het ovaal venster in de voorhof en gaat aan de top van het slakkenhuis over in de **onderste gang**, die op zijn beurt eindigt aan het rond venster. De bovenste en de onderste gang bevatten **perilymfe**. Tussen de bovenste en de onderste gang ligt de **middengang** met **endolymfe**.

De vliezen in het slakkenhuis zijn het dunne **membraan van Reissner** en het dikkere **basaalmembraan**. Het membraan van Reissner vormt de scheiding tussen de middengang en de bovenste gang. Het basaalmembraan is de scheiding tussen de middengang en de onderste gang.

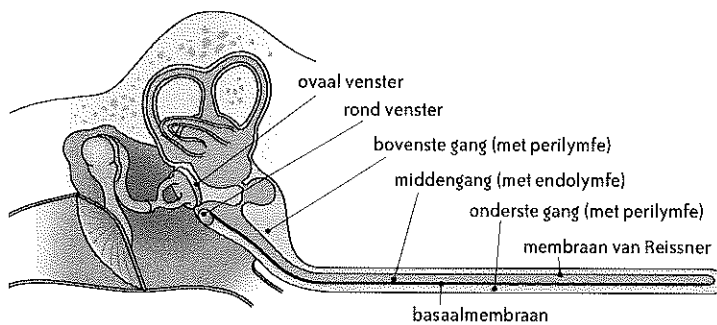


Fig. 2.23 Het slakkenhuis ontrold voorgesteld

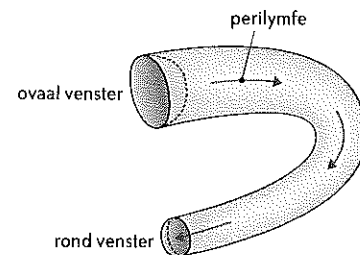


Fig. 2.24 Voorstelling van de beweging van de perilymfe: een uitbolling van het ovaal venster weg van de trommelholte gaat gepaard met een uitbolling van het rond venster naar de trommelholte toe.

Als de stijgbeugel door een geluidstrilling wordt verplaatst naar het ovaal venster toe, verschuift de perilymfe in de bovenste gang. Omdat een vloeistof weinig samendrukbaar is, zal de perilymfe van de onderste gang het ronde venster doen uitpuilen naar de trommelholte toe.

Belangrijk bij die vloeistofverplaatsing is dat **het basaalmembraan gaat trillen**. Dit membraan is zo gebouwd dat het verschillend reageert op geluiden van verschillende frequentie:

- bij hoge tonen zal het basaalmembraan trillen aan de basis van het slakkenhuis, dicht bij het ovaal venster.
- de lage tonen veroorzaken een trilling van het basaalmembraan eerder aan de top van het slakkenhuis.
- geluiden met middelmatige frequenties geven trillingen daartussenin.

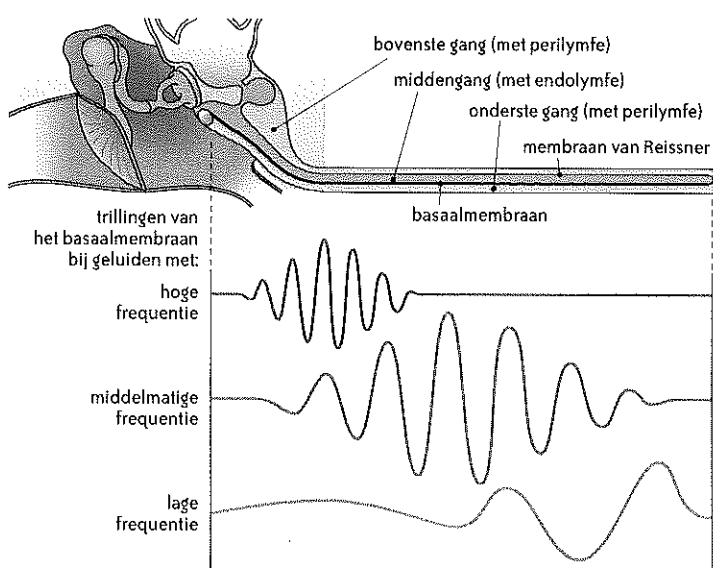


Fig. 2.25 Gevoeligheid van het basaalmembraan voor geluiden met verschillende frequenties

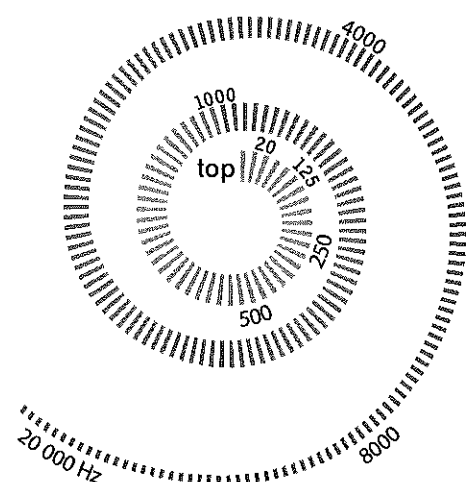


Fig. 2.26 Gevoeligheid van het basaalmembraan voor geluiden met een verschillende frequentie voorgesteld op een opgerold slakkenhuis



OPDRACHT 12

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

Een hoge toon veroorzaakt een trilling van het basaalmembraan

- a dichtbij het ovaal venster.
- b aan de top van het slakkenhuis.
- c in het midden van het slakkenhuis.
- d over de volledige lengte van het basaalmembraan.

a



OPDRACHT 13

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

De middenstof voor de voortplanting van geluidstrillingen in ons gehoorzintuig is

- a lucht in de gehoorgang, en vloeistof in het middenoor en het inwendig oor.
- b lucht in de gehoorgang, in het middenoor en in het inwendig oor.
- c lucht in de gehoorgang en in het middenoor, en vloeistof in het inwendig oor.
- d lucht in de gehoorgang, vloeistof in het middenoor en lucht in het inwendig oor.

c



OPDRACHT 14

Op de tekening zie je een doorsnede van het benig en het vliezig labrynt.

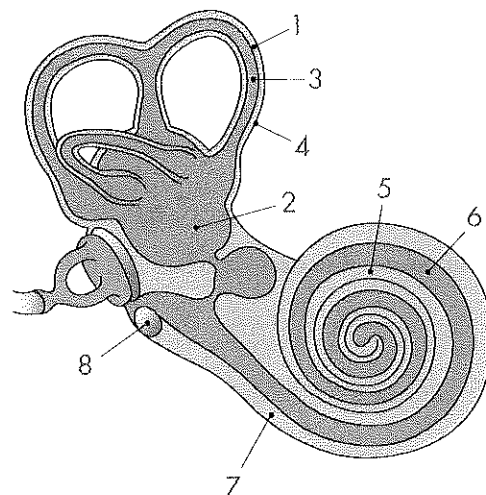


Fig. 2.27 Doorsnede van het inwendig oor

- a Duid op de tekening de onderdelen aan met hun overeenkomstig nummer.

- 1 halfcirkelvormig kanaal
- 2 voorhof
- 3 vliezig labrynt
- 4 benig labrynt
- 5 bovenste gang
- 6 middengang
- 7 onderste gang
- 8 rond venster

- b In welke kleur is endolymfe weergegeven? donkerbruin
- c In welke kleur is perilymfe weergegeven? lichtbruin



OPDRACHT 15

Wat gebeurt er met het rond venster als de stijgbeugel het ovaal venster naar binnen drukt?

Het rond venster zal dan uitpuilen in de trommelholte.

5.3.3 Orgaan van Corti

Het orgaan van Corti is een onderdeel van het basaal-membraan. Het is in dat gedeelte dat de **geluidsreceptoren** liggen. Dat zijn cellen voorzien van haartjes; ze worden daarom ook **haarcellen** genoemd. Op de haartjes van de haarcellen rust het **dakmembraan**.



Fig. 2.28 Lichtmicroscopisch beeld van een overlangse doorsnede door het slakkenhuis van de mens

- 1 bovenste gang met perilymfe
- 2 middengang met endolymfe
- 3 onderste gang met perilymfe

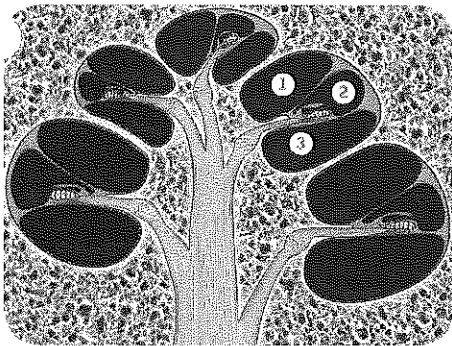


Fig. 2.29 Schematische voorstelling van een overlangse doorsnede door het slakkenhuis

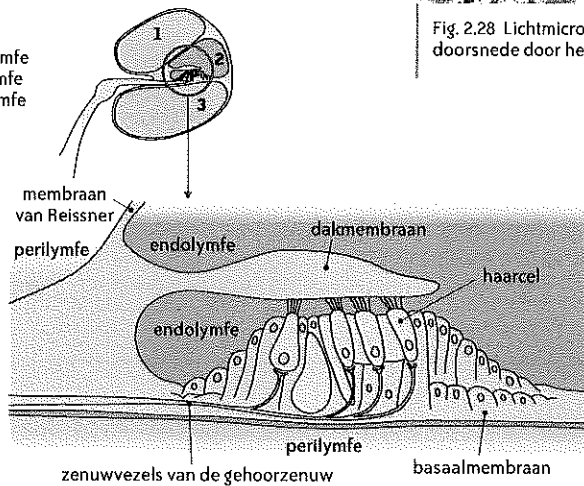


Fig. 2.30 Schematische tekening van het orgaan van Corti

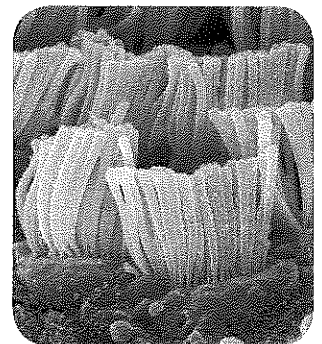


Fig. 2.31 Haarcellen in het orgaan van Corti

5.3.4 Omvorming van een geluidsprikkel tot een zenuwimpuls

Je weet al dat geluidstrillingen, die het ovaal venster bereiken, leiden tot vloeistofverplaatsingen in het slakkenhuis. Je weet ook dat het basaalmembraan gaat trillen als gevolg van die vloeistofverplaatsing. Daarbij **verschuiven het basaalmembraan en het dakmembraan ten opzichte van elkaar**. Dat veroorzaakt een **ombuiging van de haartjes** van de haarcellen. Deze ombuiging wekt in de haarcellen een **zenuwimpuls** op die wordt doorgegeven aan de zenuwvezels die op de haarcellen aansluiten.

De zenuwvezels lopen gebundeld in de **gehoorzenuw** naar de hersenen. Pas als de zenuwimpuls een specifieke plaats in de hersenen bereikt, 'horen' we.

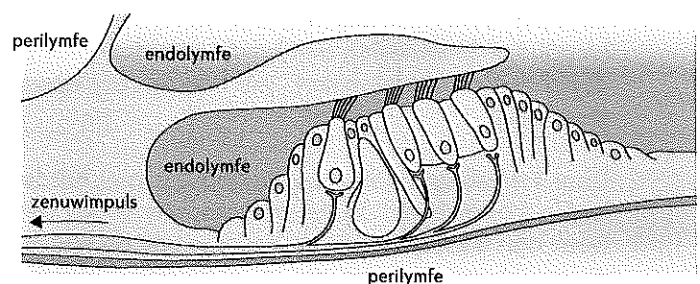
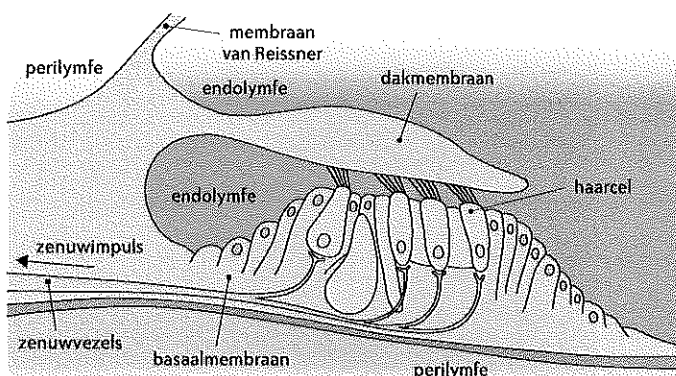


Fig. 2.32 Ombuiging van de haartjes van de haarcellen als gevolg van de verschuiving van dakmembraan en basaalmembraan ten opzichte van elkaar



OPDRACHT 16

Op de tekening zie je een detail van het slakkenhuis.
Duid op de tekening de onderdelen aan met hun overeenkomstig nummer.

- 1 bovenste gang
- 2 middengang
- 3 onderste gang
- 4 perilymfe
- 5 endolymfe
- 6 membraan van Reissner
- 7 dakmembraan
- 8 basaalmembraan
- 9 haarcel
- 10 zenuwvezel

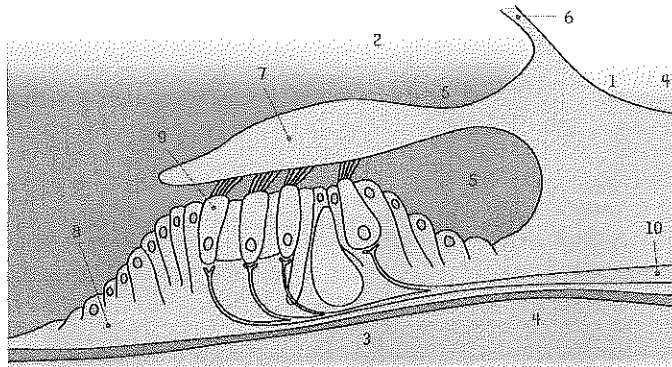


Fig. 2.33
Orgaan van Corti



OPDRACHT 17

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

- Er ontstaat een zenuwimpuls in een haarcel
- a als de haartjes loskomen van het dakmembraan.
 - b als het dakmembraan loskomt van de haartjes.
 - c als de haartjes ombuigen tegen het dakmembraan.
 - d als het membraan van Reissner in contact komt met de haartjes.

c

5.3.5 Schade in het slakkenhuis: gehoorverlies

Gehoorverlies treedt op wanneer **haarcellen in het slakkenhuis beschadigd** zijn of als er **schade is aan de gehoorzenuw**. Dat kan het gevolg zijn van een binnenoortsteking, een tumor van de gehoorzenuw of een slag of stoot tegen het hoofd.

Een veel voorkomende oorzaak van gehoorverlies is langdurige blootstelling aan harde geluiden (machines, discotheek of muzikspeler). We noemen dat **lawaaidoofheid**.

Door langdurig blootgesteld te worden aan harde geluiden (bijvoorbeeld op het werk gedurende 40 uur per week aan 85 dB) kunnen de haartjes van de haarcellen zo omgebogen worden dat ze beschadigd worden en blijven. Die haarcellen zijn dan definitief verloren voor het horen. Om gehoorverlies te voorkomen, is het aangewezen **oorbeschermers** te dragen tijdens het werk.

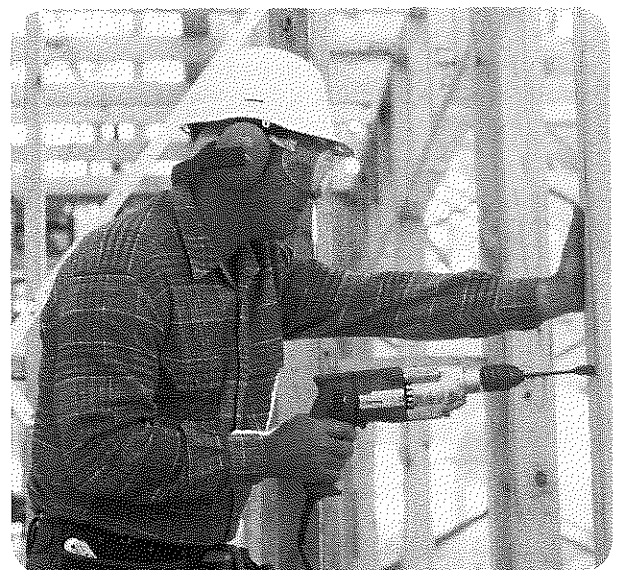


Fig. 2.34 Oorbeschermers

Ook in de vrije tijd kun je gehoorschade oplopen. Wanneer je langdurig verblijft in een ruimte met **veel te luide muziek** of bij **onjuist gebruik van muzikspelers met oortjes** kunnen haarcellen definitief verloren gaan. Dat resulteert in gehoorverlies, zelfs op jonge leeftijd.

Gehoorverlies kan doorgaans niet hersteld worden. Met behulp van een **hoorapparaat** kan het gehoorverlies gedeeltelijk worden opgevangen. Een hoorapparaat versterkt het geluid.

Het meest gekende hoorapparaat is het '**achter het oor'-toestel** of de oorhanger. Dit toestel draagt men achter de oorschelp. Via een buisje staat het in verbinding met een oorstukje dat precies in de gehoorgang moet passen.

Een hoorapparaat kan gehoorverlies gedeeltelijk verhelpen. Niet alle geluiden komen echter even duidelijk door. Een ander nadeel is dat het apparaat alle geluiden versterkt, ook hinderlijke geluiden.

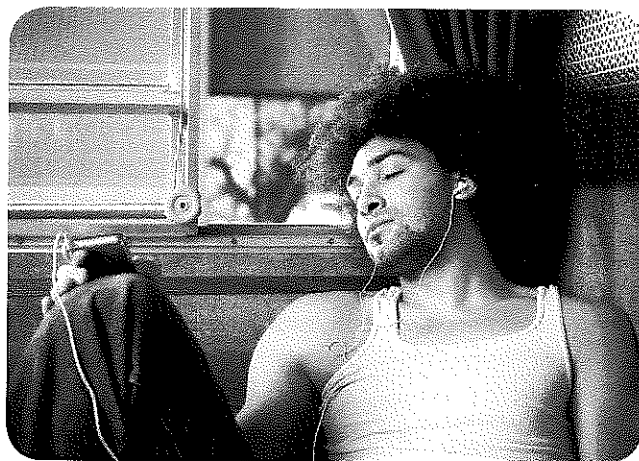


Fig. 2.35 Onjuist gebruik van een muzikspeler met oortjes kan gehoorschade veroorzaken.

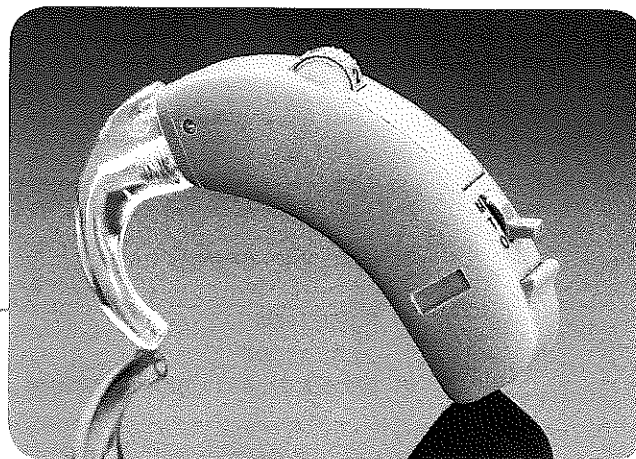


Fig. 2.36 Hoorapparaat



6

'Horen' met je hersenen

6.1 De hersenen ontvangen de zenuwimpuls

De gehoorzenuw leidt de impulsen van de haarcellen naar de hersenen. Die herkennen de plaats op het basaalmembran waar de impulsen vandaan komen. Daardoor onderscheiden we **verschillende toonhoogten**. Bovendien kunnen we **verschillende tonen tegelijk horen**.

Het **verschil tussen harde en zachte geluiden** nemen we waar omdat er respectievelijk meer of minder haarcellen door de geluidstrilling geprikkeld zijn. In het geval van harde geluiden ontstaan er veel meer impulsen dan bij zachte geluiden.



OPDRACHT 18

Er komen zeer veel geluiden in ons oor binnen en er bereiken veel meer geluidsprikkels de hersenen dan die waarvan we ons bewust zijn. Dat komt omdat we selectief horen. Wat betekent dat?

Selectief horen betekent dat we met onze hersenen bepaalde geluiden filteren uit achtergrondgeluiden.

6.2 Horen met je beide oren

We **horen stereofonisch**, dat wil zeggen met onze beide oren. Daardoor zijn we in staat de richting en de afstand van een geluid te bepalen. Omdat het linker- en het rechteroor niet precies even ver van de geluidsbron verwijderd zijn, bereikt het geluid de beide oren niet gelijktijdig en niet met dezelfde intensiteit. Onze hersenen krijgen impulsen van beide oren en verwerken die informatie razendsnel.

Wanneer we een auto horen aankomen, kunnen we zo bepalen waar het geluid vandaan komt en ook hoe ver de auto van ons verwijderd is.



AAN DE SLAG 14 Stereofonisch horen onderzoeken

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvraag: Wat is het voordeel van stereofonisch horen?

Hypothese: Doordat we stereofonisch horen, kunnen we de richting en de afstand van een geluid bepalen.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Wat heb je nodig?

- balpen
- prop watten
- blinddoek (bv. sjaal, handdoek ...)

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Vorm met je klas een kring rond één geblinddoekte leerling.
Tik om de beurt kort met een balpen op de tafel.
De geblinddoekte geeft met gestrekte arm de richting van de geluidsbron aan. Op een totaal van 10 pogingen wordt het aantal juiste en foutieve aanwijzingen genoteerd in de tabel.
- 2 Laat (dezelfde) geblinddoekte leerling nu een propje watten in één oor steken.
Tik opnieuw – in dezelfde volgorde – om de beurt met een balpen op tafel. Ook nu noteer je het aantal juiste en het aantal foutieve aanwijzingen in de tabel.

de proefpersoon luistert	aantal juiste aanwijzingen op 10 pogingen	aantal foutieve aanwijzingen op 10 pogingen
met beide oren		
met één oor		

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Formuleer op basis van je waarnemingen een besluit als antwoord op de onderzoeksvraag.

Omdat we stereofonisch horen, d.w.z. met onze beide oren, kunnen we de richting en de afstand van een geluid bepalen. Met één oor lukt dat minder goed.



AAN DE SLAG 15 Informatie over oorstoornissen opzoeken (ICT)

1 Zoek informatie over één van de volgende oorstoornissen:

- oorstoppen
- otosclerose
- oorsuizen (tinnitus)
- aangeboren binnenoordoortheid

Stel je daarbij de volgende vragen:

- Welk deel van het oor is betrokken bij de stoornis?
- Hoe werkt dat deel van het oor bij een gezond persoon?
- Wat is de oorzaak van de oorstoornis?
- Hoe kan de stoornis behandeld worden?

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

2 Zoek informatie over één of enkele van volgende onderwerpen:

- sociale gevolgen van doofheid
- hulpmiddelen voor doven of slechthorenden, zoals gebarentaal, doventolk, logopedie om dove kinderen te leren spreken ...

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

Thema 2 - Geluidsreceptoren

Samenvatting

1 Geluiden zijn trillingen

Geluiden zijn **trillingen** die zich voortplanten doorheen een middenstof – gas, vloeistof of vaste stof – in de vorm van golven. De trillingen worden via het trommelvlies doorgegeven aan de **geluids- of fonoreceptoren**.

2 Toonhoogte

De **toonhoogte of frequentie** van geluiden is het aantal trillingen per seconde. Frequentie wordt uitgedrukt in **Hertz (Hz)**.

3 Geluidssterkte

De **geluidssterkte of geluidsintensiteit** komt overeen met de uitwijking (amplitude) van de trilling. Geluidssterkte wordt uitgedrukt in **decibel (dB)**.

4 Resonantie bij geluidsbronnen

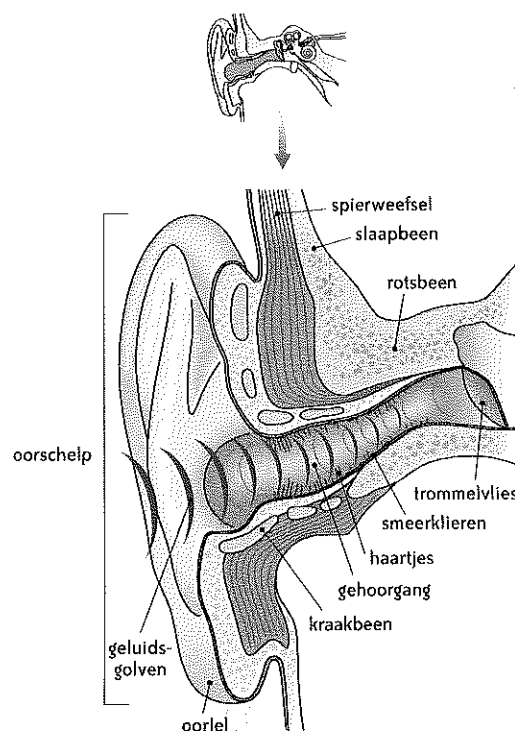
Resonantie is het meetrillen van een voorwerp onder invloed van een ander trillend voorwerp, dat via de middenstof trillingsenergie overdraagt. Daarop is de werking van het oor gebaseerd.

5 Bouw en werking van het oor

Uitwendig zien we van ons gehoorzintuig alleen de oorschelp. Het gedeelte met de geluidsreceptoren ligt beschermd in het **rotsbeen**. Dat is een hard en dik onderdeel van het slaapbeen.

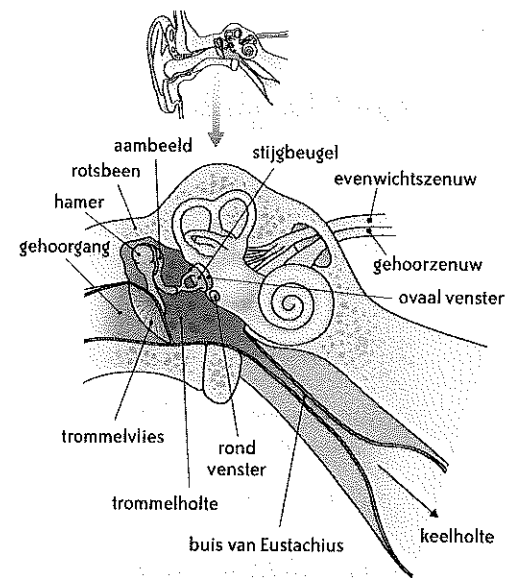
5.1 Uitwendig oor

uitwendig oor: prikkelopvangend gedeelte	
delen	functie
oorschelp	trechter om geluiden op te vangen en te versterken
gehoorgang • haartjes • speeksklieren	geluiden aan het trommelvlies doorgeven • stof weren • oorsmeer produceren om trommelvlies waterafstotend en soepel te houden en om stof te weren
trommelvlies	door resonantie meetrillen met de opgevangen geluidstrillingen



5.2 Middenoor

middenoor: prikkelgeleidend gedeelte	
delen	functie
trommelholte en buis van Eustachius	luchtdruk aan weerszijden van het trommelvlies gelijk houden
gehoorbeentjes • hamer • aambeeld • stijgbeugel	trillingen van het trommelvlies versterkt geleiden naar het ovaal venster
ontsteking in de trommelholte: middenoorontsteking	



5.3 Inwendig oor

inwendig oor: prikkelverwerkend gedeelte	
slakkenhuis Als de stijgbeugel door een geluidstrilling het ovaal venster doet trillen, verschuift de perilymfe in de bovenste en de onderste gang.	orgaan van Corti Als gevolg van vloeistofverplaatsingen in het slakkenhuis verschuiven basaalmembraan en dakmembraan ten opzichte van elkaar. Dit veroorzaakt ombuiging van de haartjes van de haarcellen. Deze ombuiging leidt tot zenuwimpulsen die via de gehoorzenuw naar de hersenen worden vervoerd.
schade in het slakkenhuis: gehoorverlies	

6 'Horen' met je hersenen

- We onderscheiden **verschillende toonhoogten** en kunnen **verschillende tonen tegelijk horen** omdat de hersenen de plaats op het basaalmembraan waar de impulsen vandaan komen, herkennen.
- Het **verschil tussen harde en zachte geluiden** nemen we waar omdat er respectievelijk meer of minder haarcellen door de geluidstrilling geprikkeld zijn.
- We horen **stereofonisch** en zijn daardoor in staat de richting en de afstand van een geluid te bepalen.

Wat je zeker moet kunnen

- ☐ Uit waarnemingen afleiden dat geluid een trillingsverschijnsel is.
- ☐ Op een model of beeldmateriaal van het oor de macroscopisch waarneembare structuren aanduiden en benoemen.
- ☐ De functies van de macroscopische structuren in het oor verwoorden.
- ☐ Op een model of beeldmateriaal van het oor de microscopisch waarneembare structuren aanduiden en benoemen.
- ☐ De functies van de microscopische structuren in het oor verwoorden.
- ☐ De werking van het oor beschrijven en verklaren.
- ☐ Aantonen dat het verwerken van geluiden, 'het horen', een proces is dat in de hersenen tot stand komt.
- ☐ Een voorbeeld van een oorstoornis toelichten en illustreren hoe ze eventueel kan worden voorkomen of behandeld.

Leerstof verwerken



OPDRACHT 19

Waarom heeft niet alle geluid dezelfde toonhoogte?

Omdat het aantal trillingen per seconde kan verschillen.



OPDRACHT 20

a Wat is het verband tussen geluidsterkte, trillingsenergie en trilling?

Geluidsterkte is de hoeveelheid trillingsenergie en komt overeen met de grootte van de uitwijking van de trilling.

b Wat is het verschil in geluidsterkte tussen een geluid van 40 dB en een geluid van 60 dB?

Een geluid van 60 dB is 100 keer sterker dan een geluid van 40 dB.

c Hoe sterk mag het geluid van je muzikspeler zijn om niet tot gehoorschade te leiden?

minder dan 80 dB



OPDRACHT 21

Welke uitspraak is juist? Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

a De uitwijking van de trilling bepaalt de toonhoogte en de golflengte bepaalt de geluidsterkte.

b De golflengte bepaalt de toonhoogte van een geluid en de uitwijking van de trilling bepaalt de geluidsterkte.

b



OPDRACHT 22

Op de tekening zie je het uitwendig oor, het middenoor en het inwendig oor. Benoem alle aangegeven delen.

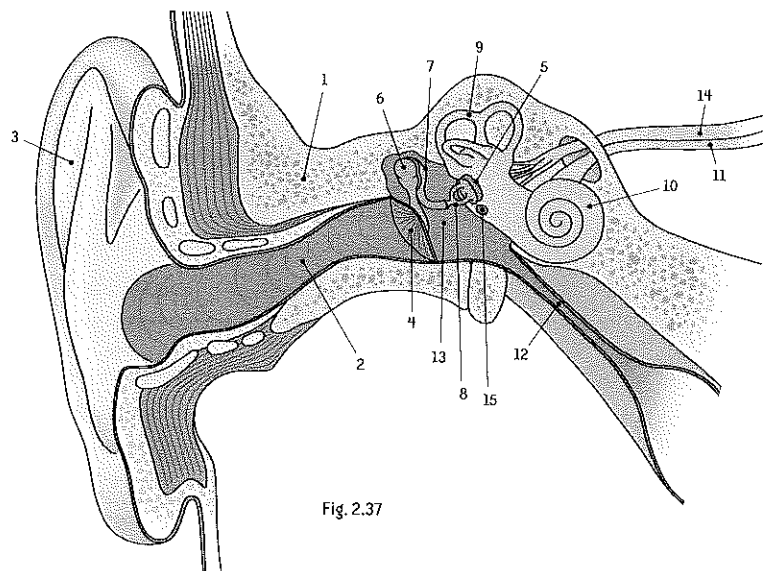


Fig. 2.37

nummer	deel van het oor	nummer	deel van het oor
1	rotsbeen	9	halfcirkelvormige kanalen
2	gehoorgang	10	slakkenhuis
3	oorschelp	11	gehoorzenuw
4	trommelvlies	12	buis van Eustachius
5	ovaal venster	13	trommelholte
6	hamer	14	evenwichtszenuw
7	aambeeld	15	rond venster
8	stijgbeugel		



OPDRACHT 23

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Als we geluiden horen, dan worden het ovaal venster (1), de gehoorbeentjes (2), het trommelvlies (3) en het rond venster (4) in trilling gebracht. In welke volgorde?

- a 3 - 1 - 2 - 4
- b 3 - 2 - 4 - 1
- c 3 - 1 - 4 - 2
- d 3 - 2 - 1 - 4

d



OPDRACHT 24

Vul aan.

de grote delen van het uitwendig oor	de grote delen van het middenoor	de grote delen van het inwendig oor
oorschelp gehoorgang trommelvlies	gehoorbeentjes trommelholte buis van Eustachius	halfcirkelvormige kanalen voorhof slakkenhuis
middenstof in het uitwendig oor	middenstof in het middenoor	middenstof in het inwendig oor
lucht	lucht	vloeistof



OPDRACHT 25

Welke weg doorlopen geluidstrillingen vanaf de geluidsbron tot aan de haarcellen in het slakkenhuis?

