



Blok 6

INHOUD

BASISSTOF

T1	Geluid, waar denk je aan?	166
W1		167
T2	Hinderlijk geluid	167
W2		169
T3	Geluid maken en horen	169
W3		171
T4	Van bron naar ontvanger	171
W4		173
T5	Geluid zichtbaar maken	174
W5		177
T6	Geluidshinder, wat doe je daaraan?	178
W6		181
T7	Geluidsisolatie	182
W7		183
T8	Daar zit muziek in	183
W8		186
T9	Geluid opnemen en weergeven	186
W9		187

HERHAALSTOF

H1	Geluid maken en horen	188
H2	Geluid en trillingen	189
H3	Grenzen aan het gehoor	192
H4	Hinder door geluid	194

EXTRASTOF

E1	Een audigram opnemen	195
E2	Geluid op weg	197
E3	Een geluidskaart van de schoolomgeving	200
E4	Oefenvragen en opgaven	201

LEERDOELEN

- 1 Je moet twee eigenschappen kennen waaraan je geluid kunt herkennen. [P1, T1, W1]
- 2 Je moet weten wat de eenheid van geluidssterkte is en de afkorting kennen. [T1, W1, P4, T4, W4]
- 3 Je moet weten wat we met de frequentie bedoelen en het symbool voor frequentie kennen. [T1, W1]
- 4 Je moet weten wat de eenheid van frequentie is en de afkorting kennen. [T1, W1, P5, T5, W5]
- 5 Je moet geluiden met en zonder functie kunnen onderscheiden. [P2, T2, W2]
- 6 Je moet twee redenen kunnen noemen waarom het 'geluidsmilieu' van belang is voor de mens. [P2, T2, W2]
- 7 Je moet aan kunnen geven welke invloed de mens heeft op het milieu als het gaat om geluid [P2, T2, W2]
- 8 Je moet vier mogelijke gevolgen van geluidshinder kunnen noemen. [P2, T2, W2]
- 9 Je moet weten hoe een geluidsbron geluid maakt. [P3, T3, W3]
- 10 Je moet een aantal geluidsbronnen kunnen noemen. [P3, T3, W3]
- 11 Je moet het menselijk oor schematisch kunnen tekenen en uit kunnen leggen hoe we met onze oren horen. [T3, W3]
- 12 Je moet twee soorten geluidsontvangers kunnen noemen. [P3, T3]
- 13 Je moet weten wat een trilling is en wat met de trillingstijd bedoeld wordt. [P3, T3, W3]
- 14 Je moet het verband kennen tussen trillingstijd en frequentie. [P3, T3, W3]



Geluid in beeld

- 15 Je moet minstens twee proeven kunnen beschrijven waaruit blijkt dat er voor geluidsoverdracht een medium nodig is tussen de geluidsbron en de geluidsontvanger. [P4, T4, W4]
- 16 Je moet in een bepaalde situatie kunnen aangeven wat het medium is. [P4, T4, W4]
- 17 Je moet weten dat geluid kan worden geabsorbeerd en teruggekaatst. [P4, T4, W4]
- 18 Je moet weten wat bedoeld wordt met gehoordrempel en frequentiebereik. [P4, T4, W4]
- 19 Je moet weten dat je met een microfoon en een oscilloscoop geluid zichtbaar kunt maken. [P5, T5, W5]
- 20 Je moet weten wat met de amplitude van een trilling bedoeld wordt en het symbool voor amplitude kennen. [P5, T5, W5]
- 21 Je moet weten dat het diagram van een zuivere toon er uit ziet als een regelmatig patroon van bergen en dalen. [P5, T5, W5]
- 22 Je moet weten op welke drie manieren je geluidshinder kunt beperken. [P6, T6, W6]
- 23 Je moet aan kunnen geven welke manier de beste is en waarom. [P6, T6, W6]
- 24 Je moet vijf maatregelen kunnen noemen om geluidshinder te beperken. [P7, T7, W7]
- 25 Je moet weten dat de geluidsstrekte afneemt als de afstand tussen de geluidsbron en de ontvanger wordt vergroot. [P7, T7, W7]
- 26 Je moet weten dat geluiddempende materialen veel lucht bevatten. [P7, T7, W7]
- 27 Je moet weten wat het verschil is tussen de geluidsstrekte in dB en in dB(A). [T7, W7]
- 28 Je moet bij het oplossen van een geluidshinderprobleem op basis van argumenten een bewuste keuze kunnen maken. [T7, W7]
- 29 Je moet drie beroepen kunnen noemen waarvoor de kennis van geluid belangrijk is. [T4, W4, T7, T8]
- 30 Je moet drie soorten muziekinstrumenten kennen. [P8, T8, W8]
- 31 Je moet het verband kunnen aangeven tussen de grootte van de klankkast en de tonen die het muziekinstrument voortbrengt. [P8, T8, W8]
- 32 Je moet weten hoe de toonhoogte van een snaar afhangt van de lengte, de dikte en de spanning van de snaar. [P8, T8, W8]
- 33 Je moet twee eigenschappen van een elektrische spoel kennen. [P9, T9, W9]
- 34 Je moet de werking van een microfoon en een luidspreker kunnen beschrijven. [P9, T9, W9]
- 35 Je moet de overeenkomsten en verschillen kennen tussen een microfoon en een luidspreker. [P9, T9, W9]

T1 Geluid, waar denk je aan?



FIG. 1 Een popconcert van Take that.

Stilte, echte stilte, hoor je niet vaak. Meestal zijn er wel dingen om ons heen die geluid maken. Vaak vinden we geluid fijn. Het geluid van radio en televisie willen we niet missen. Maar soms zijn geluiden zo hard, dat we er last van hebben. Denk maar aan een laag overvliegend vliegtuig of een drukke snelweg voor de deur. Een popgroep kan zelfs zo hard spelen dat je je oren wilt dichtstoppen (figuur 1).

Eigenschappen van geluid

Er zijn twee eigenschappen waaraan je geluid kunt herkennen.

Je hebt harde en zachte geluiden. We hebben het dan over de *sterkte van het geluid*. De geluidssterkte kun je meten met een *decibelmeter*. De eenheid van geluidssterkte is de *decibel*; afgekort dB.

Je kunt ook letten op de *toonhoogte*. Je hebt hoge en lage geluiden. De toonhoogte wordt aangegeven met de grootte *frequentie*. De eenheid van frequentie is de *hertz*; afgekort Hz.



FIG. 2 Heinrich Hertz.



HEINRICH HERTZ

De eenheid Hz is genoemd naar de Duitse natuurkundige Heinrich Hertz (1857 - 1894). Hertz bedacht hoe je met een zender en ontvanger berichten kunt overbrengen (figuur 2). Voor hoge frequenties worden voorvoegsels gebruikt.

1000 Hz = 1 kHz (kilohertz)

1 000 000 Hz = 1 MHz (megahertz)



DE 'STEMTOON' A

De toon A op een piano heeft een frequentie van 440 Hz. Op deze toon worden instrumenten steeds gestemd.

Samenvatting

Geluid kun je herkennen aan de *sterkte* en de *toonhoogte*.

De geluidssterkte wordt gegeven in *decibel* (dB).

De toonhoogte wordt aangegeven met de *frequentie*.

De eenheid van frequentie is *hertz* (Hz).

- 1 Noem drie spreekwoorden waarin geluid een rol speelt. Wat betekenen deze spreekwoorden?
- 2 **a** Noem twee geluiden die je prettig vindt.
b Noem twee geluiden die je vervelend vindt.
- 3 **a** Aan welke twee eigenschappen kun je geluiden herkennen?
b Welke eigenschap(pen) kun je meten? Noem de eenheid die daarbij hoort.

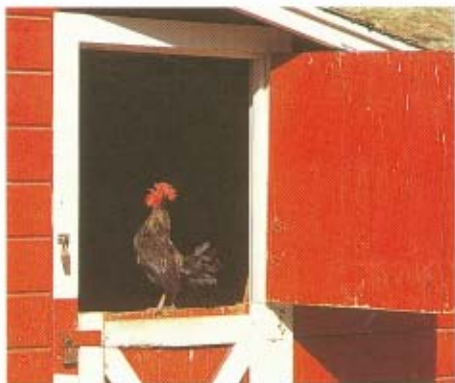


FIG. 3 Bij het eerste sprankje licht.

Geluid met of zonder functie

Geluid is van nature aanwezig. Denk aan het ritselen van de blaadjes, het ruisen van de branding en de donder na de bliksem. Denk ook aan de kraaiende haan, het mekkerende schaap en de grommende of blaffende hond (figuur 3). We hebben het dan over *natuurlijke geluiden*.

Als dieren geluid maken heeft dat bijna altijd een bedoeling. Dieren 'praten' op hun eigen manier. De kraaiende haan waarschuwt zijn kippen dat het tijd is om op te staan. Bij een grommende hond kun je maar beter uit de buurt blijven.

Ook mensen doen veel dingen die geluid maken. Soms is dat met opzet, vaak ook niet. Praten en muziek hebben een bedoeling. Het geluid van machines in een fabriek of van auto's op een snelweg heeft geen bedoeling.

Geluid en milieu

Er komen steeds meer mensen. Die mensen kopen steeds meer apparaten. Daardoor komt er steeds meer geluid. En dat heeft gevolgen voor mens en milieu. Door de sterke toename van geluid komt onze gezondheid in gevaar. Zonder stilte en rust ontstaat *stress* bij mensen en dieren. Mensen krijgen hoofdpijn, worden misselijk of krijgen last van hoge bloeddruk. Ze voelen zich ziek. Van heel harde geluiden kun je een *gehoorbeschadiging* krijgen. Door de stress kunnen bepaalde diersoorten verdwijnen. Het milieu wordt minder waardevol en minder mooi.



GELUID BIJ POPCONCERTEN

Als je een concert van je favoriete popgroep bezocht hebt, kun je last hebben van piepende oren. Die pieptoon verdwijnt na een tijdje weer. Bij popmuzikanten die regelmatig blootstaan aan harde geluiden, ontstaat blijvende gehoorbeschadiging. Meestal horen ze geen hoge tonen meer.

Hinder door geluid

Geluid hoort in ons milieu thuis. Te veel geluid kan problemen geven. We hebben het dan over *geluidshinder*. Wat ‘te veel’ is, is voor iedereen verschillend. Wat voor de een een prettig geluid is, kan voor de ander heel vervelend zijn. Veel mensen in Nederland hebben regelmatig last van geluid (figuur 4). Dat hangt niet alleen van de geluidsterkte af. Ook de toonhoogte, het tijdstip, de situatie en de stemming spelen een rol. Wat voor de een heerlijke muziek is, kan voor de ander een ramp zijn. Voor de een is een autorace zonder gierende motoren ondenkbaar. Voor de ander kan het een nachtmerrie zijn.

FIG. 4 Percentage van de Nederlandse bevolking dat regelmatig of ernstig last heeft van geluid.

geluidsbron	regelmatig hinder	ernstige hinder
wegverkeer	50%	20%
buren	40%	15%
vliegtuigen	28%	11%
industrie	8%	3%
diversen	6%	1%



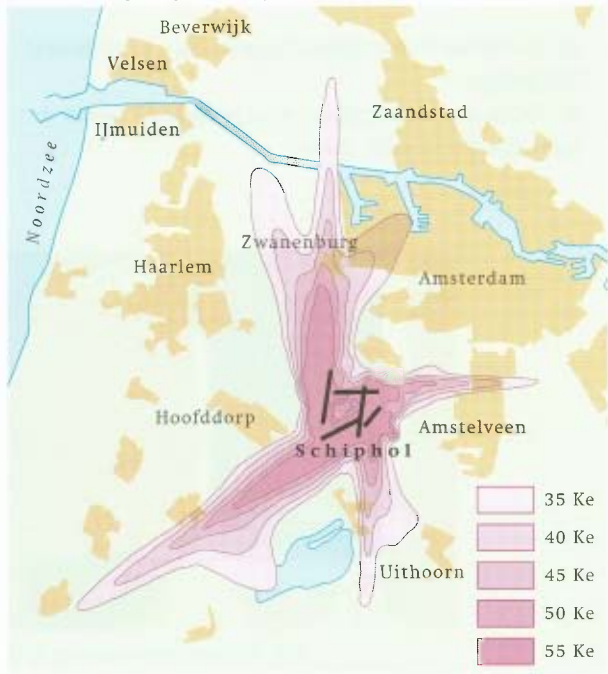
MEDICIJNGEBRUIK ZWANENBURG

Mensen die veel last hebben van geluidshinder gebruiken meer medicijnen. Figuur 5 laat zien dat het gemiddelde medicijngebruik in Zwanenburg hoger is dan in Uithoorn. Zwanenburg ligt in de aanlegroute van Schiphol, Uithoorn niet (figuur 6). Kennelijk veroorzaakt vliegtuiglawaai schade aan de gezondheid.

FIG. 5 Het percentage gebruikers van diverse medicijnen in plaatsen rondom Schiphol.

geneesmiddelen	Zwanenburg	Uithoorn
slaappillen	15%	7%
maagtabletten	11%	6%
bloeddruk-verlagende pillen	28%	13%
kalmerende pillen	72%	61%

FIG. 6 De omgeving van Schiphol.

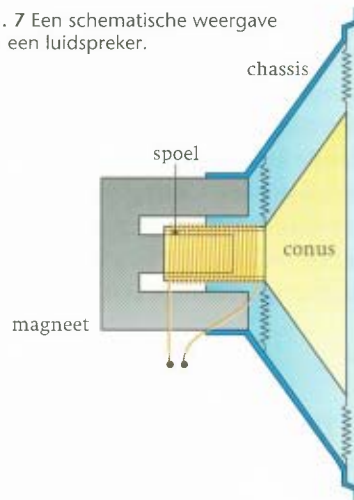


Samenvatting

Er zijn *natuurlijke* en *onnatuurlijke* geluiden.
Er is geluid *met* en *zonder* functie.
Te veel geluid is slecht voor het *milieu*. Diersoorten kunnen daardoor verdwijnen.
Geluidshinder heeft invloed op onze *gezondheid*. Je kunt er *ziek* van worden. Je gehoor kan *beschadigd* worden.

- 1 Mensen communiceren met elkaar door te praten.
Op welke andere manieren kunnen mensen met elkaar communiceren?
- 2 Noem een dierengeluid dat geen functie heeft.
- 3 **a** Welke gevolgen kan geluidshinder hebben voor het milieu (mens en dier)?
b Hoe zou je de geluidsoverlast in natuurgebieden kunnen beperken?
- 4 **a** Noem drie geluiden waarvan jij regelmatig last hebt.
b Hoe zou jij deze 'geluidsoverlast' op willen lossen?
- 5 **a** Maak jij ook weleens geluid waar anderen last van hebben? Zo ja, hoe dan?
b Wat zou je kunnen doen om die geluidsoverlast voor anderen te beperken?

FIG. 7 Een schematische weergave van een luidspreker.



T3 Geluid maken en horen

Geluidsbronnen

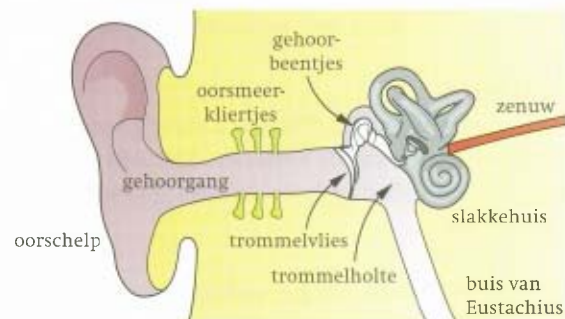
Geluidsbronnen zijn dingen die geluid maken. Daarvoor moet er iets bewegen of trillen. Bij de *menselijke stem* zijn dat de stembanden. De stembanden worden door de langs stromende lucht in trilling gebracht. Bij een *fietsbel* zijn het ijzeren ringetjes die tegen de beldop slaan.

Ook een *luidspreker* is een geluidsbron. Een luidspreker zet elektrische signalen om in geluid. Het bewegende deel van de luidspreker is de *conus* (figuur 7). De conus brengt de lucht in beweging. Dat kun je zien als je een kaarsvlam voor de conus houdt. Bij lage tonen zie je de vlam flakkeren.

Geluidsontvangers

Wij nemen geluid waar met onze oren. We horen geluid. Bewegende lucht brengt ons *trommelvlies* in trilling. Die trilling wordt als elektrische signalen doorgegeven aan de *hersenen* (figuur 8). Daar herkennen we deze signalen als geluid met een bepaalde sterkte en toonhoogte. Onze oren zijn geluidsontvangers.

FIG. 8 De inwendige bouw van ons oor.





GELUIDSSENSOREN

Geluidsontvangers worden ook wel geluidssensoren genoemd. Geluidssensor betekent letterlijk 'geluidsvoeler'.



VOELBAAR GELUID

Harde geluiden kun je niet alleen horen maar ook voelen. Vooral lage tonen doen je buik letterlijk schudden.

Een andere soort geluidsontvanger is de *microfoon* (figuur 9). Ook een microfoon maakt van bewegende lucht elektrische signalen. Dat gebeurt op een andere manier dan bij het oor. De elektrische signalen geven weer, hoe de lucht voor de microfoon beweegt.

FIG. 9 Een microfoon in gebruik (Mariah Carey).

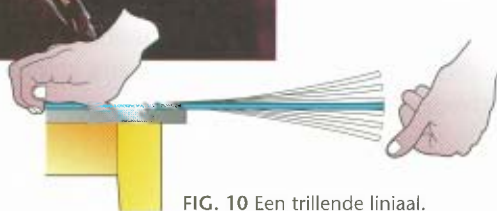


FIG. 10 Een trillende liniaal.

Trillingstijd

Trillingen zijn op en neer of heen en weer gaande bewegingen die zich steeds herhalen. Met *één trilling* bedoelen we één volledige heen en weer gaande beweging (figuur 10).

De trillingstijd (T) is de tijd die nodig is voor één trilling. De trillingstijd wordt meestal gegeven in seconden (s).

De sterkte en de hoogte van geluid wordt bepaald door de manier van trillen of bewegen.

De *sterkte van het geluid* wordt bepaald door de grootte van de uitslag van de trilling. Bij een luidspreker hangt dat af van de uitslag van de conus. Hoe groter de uitslag, hoe sterker het geluid.

De *hoogte van het geluid* hangt af van de tijd die één trilling duurt. Hoe meer trillingen per seconde, hoe hoger het geluid.

Frequentie

Met de trillingstijd kun je het aantal trillingen per seconde berekenen. We noemen dit de *frequentie* (f). De frequentie wordt uitgedrukt in hertz; afgekort Hz.

$$\text{Er geldt: } f = \frac{1}{T}$$

Bij iedere toon hoort een bepaalde frequentie.

VOORBEELD 1: Bij een trillingstijd van 0,02 s is de frequentie:

$$f = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$

VOORBEELD 2: Een frequentie van 10 Hz betekent 10 trillingen per seconde. De trillingstijd is dan 0,1 s.

Samenvatting

Alles wat geluid maakt heet een *geluidsbron*.

Met een *geluidsontvanger* wordt geluid waargenomen.

Trillingen zijn op en neer of heen en weer gaande bewegingen.

Eén trilling is één volledige op en neer of heen en weer gaande beweging.

De tijd die één trilling duurt, heet de *trillingstijd* (T).

De trillingstijd wordt meestal gegeven in seconden (s).

Met de trillingstijd kun je het aantal trillingen per seconde uitrekenen. Dat is de frequentie (f).

$$f = \frac{1}{T}$$

Als T wordt gegeven in seconden (s), krijg je f in hertz (Hz).

- 1 **a** Wat hebben alle geluidsbronnen met elkaar gemeen?
b Welke energie-omzetting vindt plaats in een luidspreker?
- 2 **a** Noem twee geluidsontvangers.
b Wat hebben die met elkaar gemeen?
- 3 **a** Wat wordt bedoeld met een trilling?
b Maak een aantal tekeningen waaraan je kunt zien hoe een liniaal trilt.
c Wat wordt bedoeld met de trillingstijd?
d Wat wordt bedoeld met de frequentie?
- 4 De conus van een luidspreker voert 12 000 trillingen uit in 3,00 s.
a Bereken de frequentie.
b Bereken de trillingstijd.
- 5 Een A-stemvork trilt met een frequentie van 440 Hz.
 Bereken de trillingstijd van de benen van de stemvork.

T4 Van bron naar ontvanger

De voortplanting van geluid

Geluid gaat van de ene plek naar de andere. Geluid beweegt. Het plant zich voort van bron naar ontvanger. Daar is een tussenstof of *medium* voor nodig. Meestal is dat *lucht*.

Als je een rinkelende bel onder een vacuümsolp plaatst en je zuigt de lucht onder de stolp weg, hoor je na enige tijd bijna niets meer (figuur 11). De lucht is blijkbaar nodig om het geluid over te brengen. Geluid kan zich óók voortplanten door *vloeistoffen* en *vaste stoffen*. Denk aan de geluiden die je onder water hoort. Denk ook aan de Indiaan, die met het oor op de rails de komst van het 'ijzeren paard' voorspelt. De snelheid waarmee geluid beweegt hangt af van de tussenstof. In lucht is de geluidssnelheid 340 m/s. De stof tussen de bron en de ontvanger maakt het mogelijk om geluidshinder te beperken. Als we tussen bron en ontvanger een stof plaatsen die geluid slecht doorgeeft, zal de ontvanger tevreden zijn. We komen hier in T6 op terug.

FIG. 11 Een rinkelende bel onder een vacuümsolp.





FIG. 12 Een echoput.

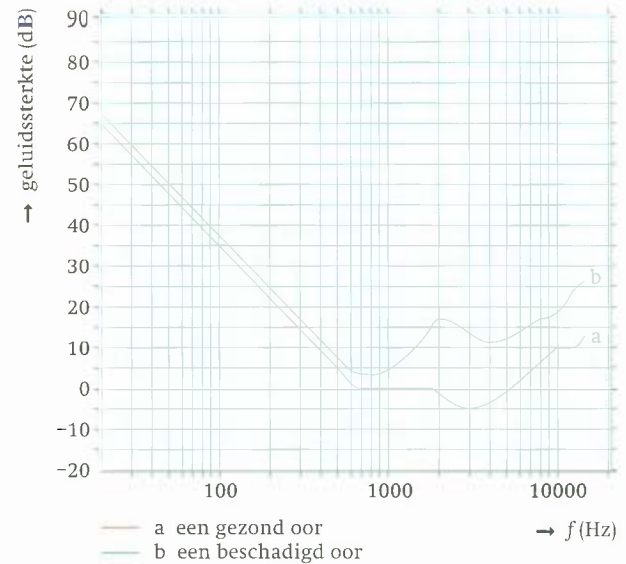
Geluid kan door stoffen of voorwerpen *geabsorbeerd* worden. Geluid kan ook *teruggekaatst* worden. Als de afstand waarover het geluid wordt teruggekaatst groot genoeg is, horen we het teruggekaatste geluid later dan het oorspronkelijke geluid. Dit verschijnsel noemen we *echo* (figuur 12).

We horen een echo als er minstens 0,1 s zit tussen het oorspronkelijke en het teruggekaatste geluid. Als het oorspronkelijke en het teruggekaatste geluid niet te onderscheiden zijn, spreken we over *nagalm*.

Audiogrammen

Onze oren horen niet alle tonen even goed. Bepaalde frequenties horen we zelfs helemaal niet. De frequenties die we wel kunnen horen, noemen we het *frequentiebereik* van het gehoor. Voor een gezond (menselijk) oor liggen de gehoor grenzen bij 20 Hz en 20 kHz. Frequenties tussen de 1,0 en 5,0 kHz (onze spraakfrequenties) horen we het best. De geluidssterkte die we nog net horen, noemen we de *gehoordrempel*. De grafiek van figuur 13 geeft het verband tussen de frequentie en de gehoordrempel. We noemen dit een *audiogram*. Een audiogram geeft dus aan hoe goed iemand hoort. In figuur 13a kun je zien dat de gehoordrempel tussen 1,0 en 5,0 kHz bij 0 dB ligt.

FIG. 13 Twee audiogrammen. (Let op de schaalverdeling langs de horizontale as.)



ULTRASOON GELUID

Frequenties boven de gehoor grens van 20 kHz noemen we *ultrasoon*. Allerlei diersoorten kunnen (voor ons) ultrasoon geluid wel horen. Zo is bekend dat honden hogere tonen kunnen horen dan mensen (tot 25 kHz). Bij vleermuizen ligt de bovenste gehoor grens zelfs bij 100 kHz.

Gehoorbeschadiging

Mensen die regelmatig blootstaan aan harde geluiden krijgen last van gehoorbeschadiging. Ze horen bepaalde frequenties niet meer of minder goed. De geluidssterkte moet dan flink hoger zijn om deze tonen toch te kunnen horen (figuur 13b).

Een *audioloog* is iemand die veel weet over het gehoor (figuur 14). Daar komt natuurkunde, scheikunde en biologie aan te pas. Door een audiogram op te nemen kan een audioloog vaststellen of er sprake is van een gehoorbeschadiging en zo ja welke. Hij kan ook aangeven hoe het probleem opgelost kan worden.

FIG. 14 Een audioloog aan het werk.



GEHOORVERLIES IN HET SPRAAKGEBIED

Een gehoorverlies van meer dan 20 dB is hinderlijk. Vooral als dit optreedt in het spraakgebied. Een hoortoestel kan in zo'n geval een oplossing bieden.

Samenvatting

Geluid gaat van *bron* naar *ontvanger*. Geluid plant zich voort. Daar is een *medium* (= tussenstof) voor nodig.

De *geluidssnelheid* is in ieder medium anders. De geluidssnelheid in *lucht* is 340 m/s.

De *gehoordrempel* is de geluidsstrekte die we nog net horen.

Een *audiogram* is een grafiek van de gehoordrempel bij verschillende frequenties. Uit een audiogram blijkt of iemand een *gehoorbeschadiging* heeft.

Van *regelmatig harde geluiden* krijg je een gehoorbeschadiging. Ook met het *ouder worden* neemt je gehoor af.

Een *audioloog* is iemand met verstand van het gehoor.

- 1 **a** Wat wordt bedoeld met 'een medium'?
- b** Wat weet je van de snelheid waarmee geluid beweegt?
- 2 Waarom hoor je een bel onder een vacuümstolp niet meer, als de lucht wordt weggezogen?
- 3 **a** Kunnen astronauten op de maan met elkaar praten zonder geluidsapparatuur? Licht je antwoord toe.
- b** Wat is er fout aan een SF-film waarin twee vijandige ruimteschepen elkaar met veel lawaai beschieten?
- 4 **a** Wat is het frequentiebereik van een gezond menselijk oor?
- b** Welke frequenties horen we het best?
- 5 **a** Met een toongenerator en een koptelefoon kun je een 'soort' audiogram van iemand opnemen. Leg uit hoe dat moet.
- b** Waarom is dit geen echt audiogram?

T5 Geluid zichtbaar maken

Zichtbaar geluid

Met een microfoon en een oscilloscoop kun je het geluid van een stemvork zichtbaar maken (figuur 15). De microfoon zet het geluid om in een elektrisch signaal. De oscilloscoop is een soort televisie. Het elektrisch signaal wordt als een regelmatig golvende lijn zichtbaar op het scherm (figuur 16).

FIG. 15 Een oscilloscoop.

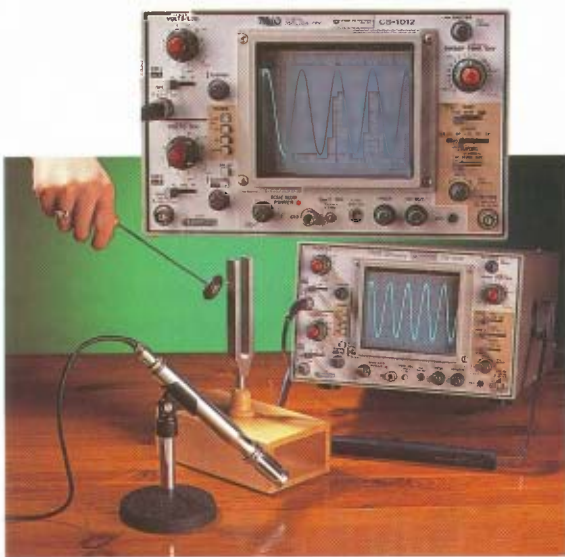
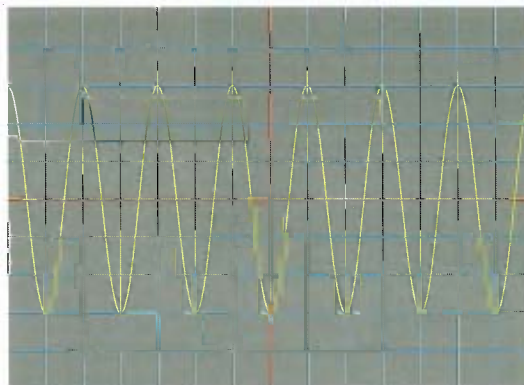


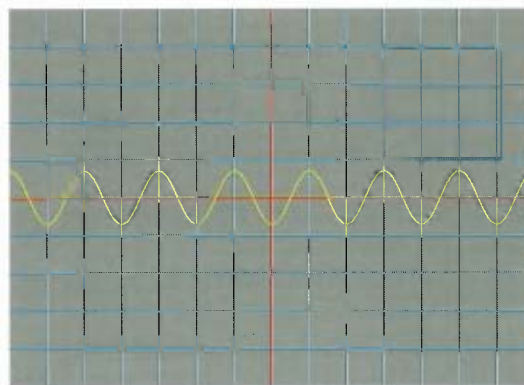
FIG. 16 Het geluid van een stemvork, zichtbaar gemaakt op het scherm van een oscilloscoop.

Bij *harde* geluiden zijn de bergen hoger en de dalen dieper dan bij *zachte* geluiden (figuur 17). We zeggen dan dat de *amplitude* van het signaal groter is. De amplitude is een maat voor de sterkte van het geluid. De amplitude wordt aangegeven met de hoofdletter *A*. Bij *hoge* tonen zie je op het scherm meer bergen en dalen dan bij *lage* tonen (figuur 18).

FIG. 17 Bij harde geluiden (grafiek a) is de amplitude groter dan bij zachte geluiden (grafiek b).



grafiek a

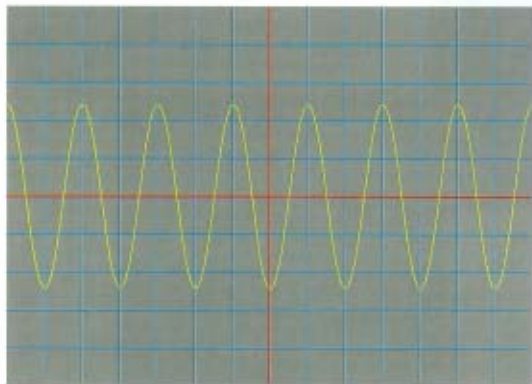


grafiek b

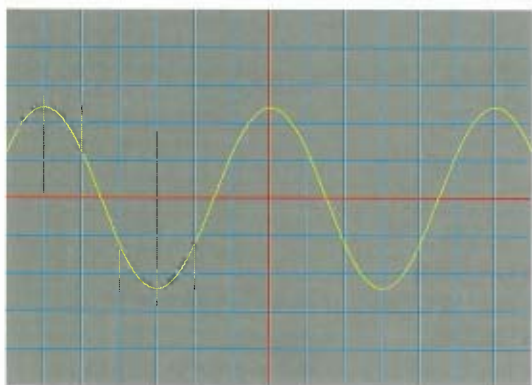
Grafiek van een trilling

We laten een bekertje gevuld met zand slingeren aan een touw. Het bekertje voert een heen en weer gaande beweging uit die zich herhaalt. We kunnen de beweging van het bekertje vastleggen in een diagram. Zo'n diagram geeft het verband tussen de uitwijking van het bekertje (verticaal) en de tijd (horizontaal). Met de uitwijking bedoelen we de afstand van het bekertje tot het midden (figuur 19).

FIG. 18 Bij hoge tonen (grafiek a) is het aantal bergen en dalen groter dan bij lage tonen (grafiek b).



grafiek a



grafiek b

Door een gaatje in het bekertje te prikken, stroomt er zand uit het bekertje. Als we een vel papier onder het slingerende bekertje doortrekken, ontstaat op het papier een regelmatig patroon van bergen en dalen. Eén berg en één dal zijn samen één volledige slingering (figuur 20).

Als de maximale uitwijking van het bekertje groter is, worden de bergen hoger en de dalen dieper. Als het bekertje sneller slingert, worden de bergen en dalen smaller.

FIG. 19 De beweging van een bekertje dat slingert aan een touw.

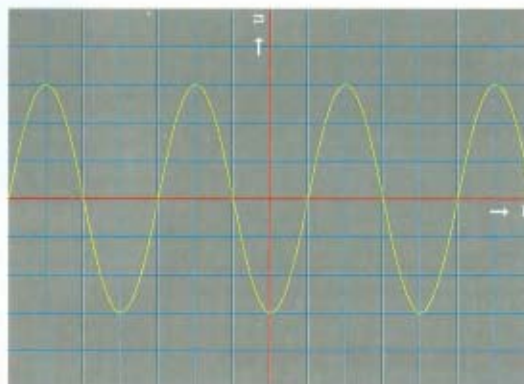
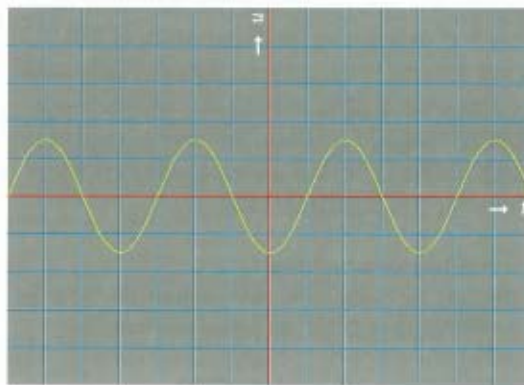


FIG. 20 Een regelmatig patroon van bergen en dalen.



De vorm van de grafiek van het slingerende bekertje lijkt op de golf die een stemvork laat zien op carbonpapier. Ook de golf op het scherm van de oscilloscoop lijkt daar op. Blijkbaar maakt de oscilloscoop een grafiek van het geluid dat de microfoon opvangt. Dat geluid weerspiegelt de beweging van het trillend voorwerp waar het geluid vandaan komt.

Met de 'tijd per hokje'-knop op de oscilloscoop kun je de tijdschaal instellen. De 'uitwijking per hokje'-knop bepaalt de amplitude (figuur 21).

FIG. 21 Een oscilloscoop met 'tijd per hokje'-knop (a) en 'uitwijking per hokje'-knop (b).

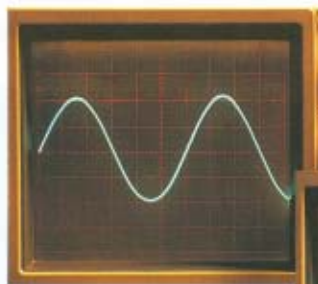
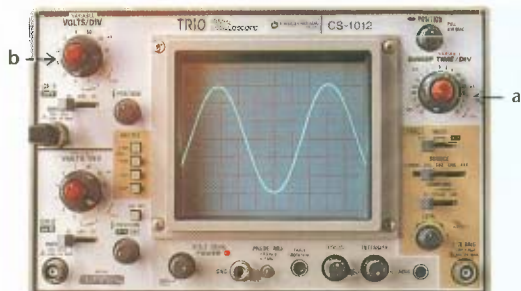


FIG. 22 Een grafiek op het scherm van een oscilloscoop.

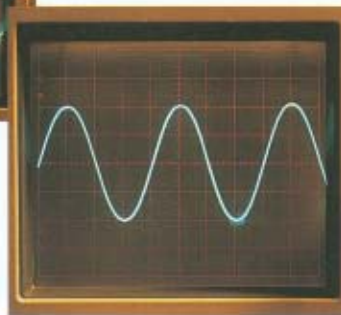


FIG. 23 Bepaling van de trillingstijd uit een oscilloscoopbeeld.

Trillingstijd uit de grafiek

Op het beeldscherm van de oscilloscoop wordt *één volledige trilling* weergegeven door één berg en één dal. Daarna begint een nieuwe trilling. De tijdsduur van één trilling is af te lezen op de horizontale as. Elk hokje op het scherm komt overeen met een bepaalde tijdsduur. Die staat aangegeven bij de 'tijd per hokje'-knop. We berekenen de trillingstijd door die tijdsduur te vermenigvuldigen met het aantal hokjes dat hoort bij één volledige trilling (figuur 22).



TIME/DIV EN VOLT/DIV

De 'tijd per hokje' heet ook wel time/div; voor de 'uitwijking per hokje' zie je ook wel Volt/div.



AFLEZEN VAN DE TRILLINGSTIJD

De afstand berg-berg en dal-dal is even groot als berg en dal samen. De trillingstijd kan dus op verschillende manieren afgelezen worden, zie ook figuur 23.

VOORBEELD: In figuur 23 zie je de grafiek van een trilling op het scherm van een oscilloscoop. Eén trilling bestaat uit 4 hokjes. De oscilloscoop is zo ingesteld dat één hokje overeenkomt met 0,005 s (tijd per hokje = 0,005). De trillingstijd is dus

$$\frac{4}{0,005 \text{ s}} = 0,020 \text{ s}$$

Uit de trillingstijd kun je de frequentie berekenen met de formule:

$$f = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$

Samenvatting

Met een *microfoon* en een *oscilloscoop* kun je geluid zichtbaar maken.

Op het scherm van de oscilloscoop zie je *bergen* en *dalen*.

De *hoogte* van de bergen en de *diepte* van de dalen is de *amplitude* (*A*).

De amplitude is een maat voor de *sterkte* van het geluid.

Het *aantal* bergen en dalen is een maat voor de *hoogte* van het geluid.

De amplitude van het signaal op het scherm kun je veranderen met de *uitwijking per hokje-knop*.

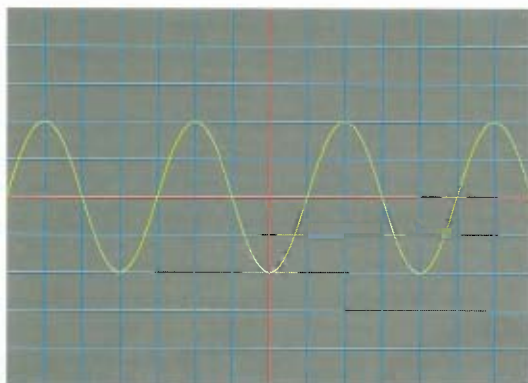
Het aantal bergen en dalen kun je veranderen met de *tijd per hokje-knop*.

Met het schermbeeld en de 'tijd per hokje' kun je de *trillingstijd* bepalen.

- 1 In figuur 24 zie je het oscilloscoopbeeld van een zuivere toon. Eén hokje komt overeen met 0,005 s.
 - a Bepaal de trillingstijd.
 - b Bereken de frequentie.
- 2 In figuur 25 zie je de oscilloscoopbeelden van twee zuivere tonen. De tijd per hokje is voor beide beelden hetzelfde.

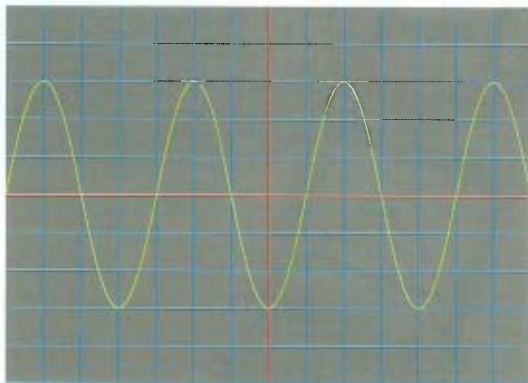
Beredeneer welke toon de hoogste frequentie heeft.

FIG. 25 Oscilloscoopbeelden van twee verschillende tonen a en b.



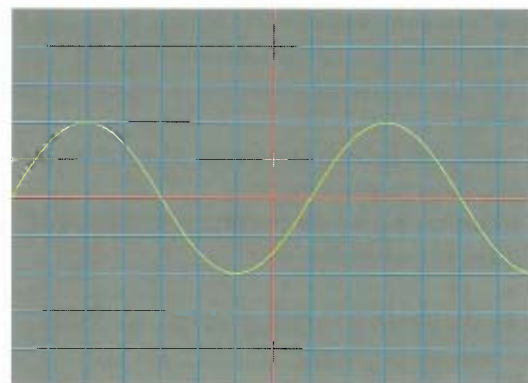
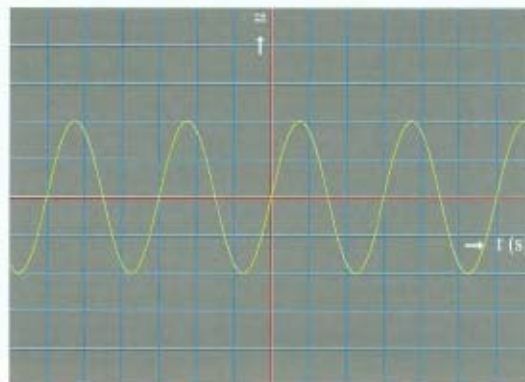
grafiek a

FIG. 26 Oscilloscoopbeelden van geluidsbronnen a en b.

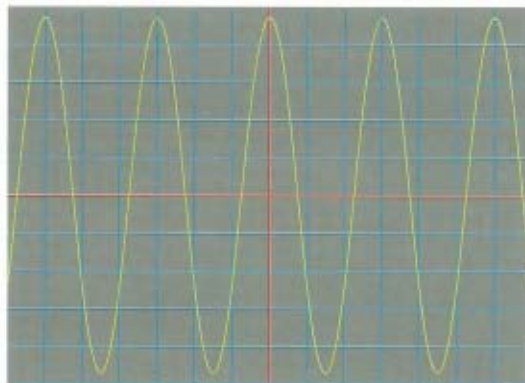


grafiek a

FIG. 24 De grafiek van een zuivere toon. De tijd per hokje is 0,005 s.



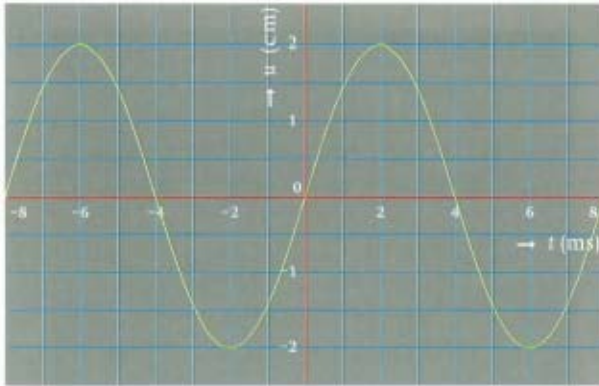
grafiek b



grafiek b

T6 Geluidshinder, wat doe je daaraan?

FIG. 27 Het diagram van een trilling.



- 3 Met een oscilloscoop maken we het geluid van twee bronnen zichtbaar (figuur 26). In beide gevallen staat de oscilloscoop hetzelfde ingesteld. Ook de afstand van de geluidsbronnen tot de microfoon is gelijk.
 - a Welke van de bronnen brengt de hoogste toon voort? Licht je antwoord toe.
 - b Welke bron geeft de grootste geluidsterkte? Licht je antwoord toe.
- 4 In figuur 27 zie je het diagram van een trilling.
 - a Bepaal de amplitude.
 - b Bepaal de trillingstijd.
 - c Bereken de frequentie.

Geluidshinder kan het best opgelost worden door minder geluid te maken. Het aantal hinderlijke geluidsbronnen kan veel minder. Dat kan met technische middelen. Bijvoorbeeld door apparaten en motoren te ontwikkelen en te gebruiken die minder geluid maken. Of door geluidsarm asfalt (fluisterbeton) toe te passen. We kunnen ook minder storende apparaten en motoren gaan gebruiken. Bijvoorbeeld door natuurgebieden te sluiten voor gemotoriseerd verkeer, zodat er *stiltegebieden* ontstaan (figuur 28). Verkeerslawaaï kan teruggedrongen worden door het instellen van *maximumsnelheden* (figuur 29). Ook *minder woonwerk-verkeer* is een oplossing. We moeten weer dichterbij ons werk gaan wonen of thuis werken met behulp van moderne communicatiemiddelen. Op deze manier pakken we het probleem aan bij de bron. Zo'n aanpak leidt tot *duurzame ontwikkeling*, waarbij het milieu geen blijvende schade ondervindt (figuur 30).

FIG. 29 Maximumsnelheid voor minder geluidshinder.



FIG. 28 Weer een stiltegebied erbij!



FIG. 30 De Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG) geeft gratis informatie en praktische tips ter voorkoming van geluidsoverlast.

Geluidssterkte

De ene geluidsbron maakt meer geluid dan de andere. Met je oren kun je dat waarnemen. Om bronnen goed met elkaar te kunnen vergelijken moet je de 'geluidssterkte' of het 'geluidsniveau' meten. De *geluidssterkte* geeft aan hoe hard het geluid is van een geluidsbron. De geluidssterkte meet je met een decibelmeter. De *eenheid van geluidssterkte* is de *decibel* (dB). In figuur 31 zie je een tabel met geluidssterktes. Geluid met een sterkte van 0 dB is voor ons net niet te horen. Geluidssterktes van 100 dB en meer doen pijn aan je oren.

Uit het diagram van figuur 32 blijkt dat onze oren niet even gevoelig zijn voor alle frequenties. Als daarvoor gecorrigeerd wordt, spreken we over de *geluidssterkte in dB(A)*. Een geluidssterkte van 40 dB(A) bij 100 Hz klinkt even hard als 40 dB(A) bij 1000 Hz. Uit het audiogram van figuur 32 blijkt dat het geluid bij 100 Hz dan in werkelijkheid harder moet zijn.

FIG. 31 Geluidssterktes in verschillende situaties.

soort geluid	geluidssterkte (dB)
net (niet) te horen	0
vallend blaadje	10
iemand die zacht fluistert	20
stel fluisterende kinderen	30
autoverkeer in rustige straat	40 tot 50
druk gesprek	60
televisie die hard aanstaat	70
bromfiets	80
drukke verkeersweg	90
trein die voorbij komt	100
discotheek	110
popgroep	120
startend straalvliegtuig	130

FIG. 33 Alexander Graham Bell sprekend in een telefoon.



ALEXANDER GRAHAM BELL

De eenheid van geluidssterkte is genoemd naar de Amerikaans natuurkundige Alexander Graham Bell (1847 - 1922). Deze onderzoeker van Schotse afkomst werkte zijn hele leven met dove mensen. Hij is beroemd geworden door de uitvinding van de telefoon (Bell Company) en de grammofoon (figuur 33).

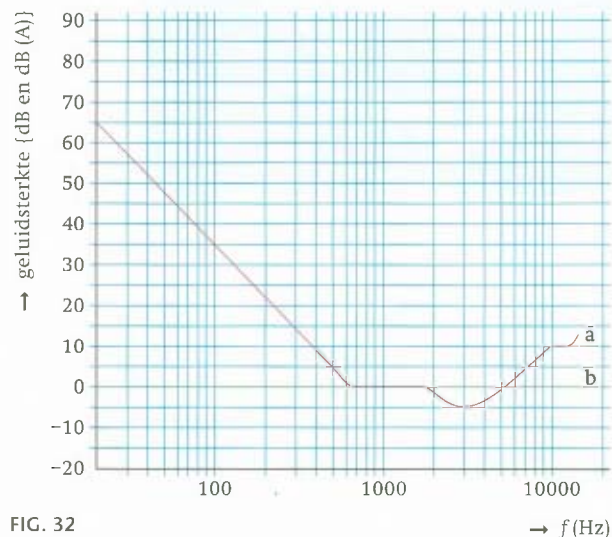


FIG. 32

- a Audiogram van een gezond menselijk oor in dB
- - - b Audiogram van een gezond menselijk oor dB(A)

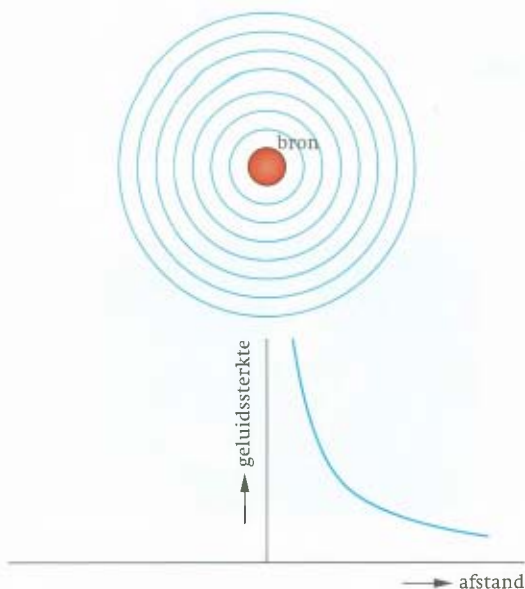


FIG. 34 Het verband tussen geluidssterkte en afstand tot de bron.

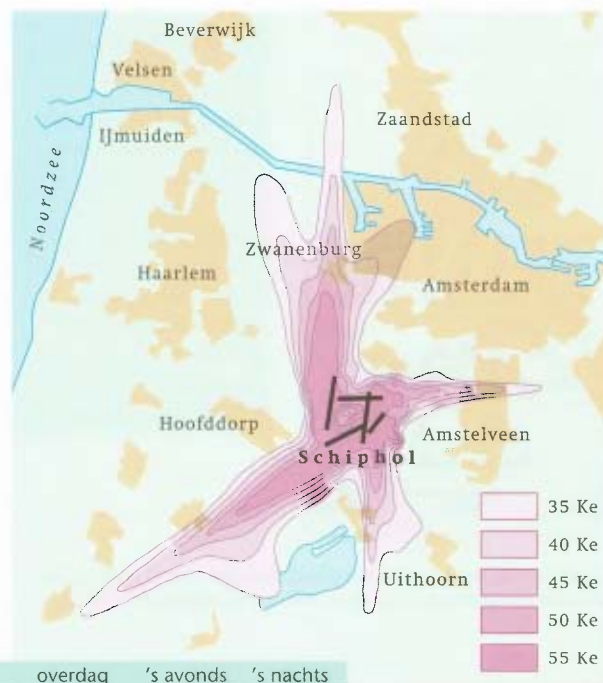


FIG. 37 De politie controleert de geluidssterkte van een bromfiets.

Geluidssterkte en afstand

Als je de geluidssterkte van een bron meet, merk je dat deze afhangt van de afstand tot de bron. De geluidssterkte neemt af als de afstand tot de geluidsbron groter wordt (figuur 34). Daarom is afgesproken dat geluidssterktes gemeten moeten worden op een normale afstand van de geluidsbron. Zo moet je het geluid in een straat vanaf de stoep meten. De geluidssterkte van een bromfiets meet je op 1 m van de uitlaat.

FIG. 36 Geluidszonering rondom Schiphol.



gebied	overdag	's avonds	's nachts
woonwijk	50 dB	45 dB	35 dB
stadscentrum	60 dB	55 dB	45 dB
stillegebied	25 dB	25 dB	25 dB

FIG. 35 Geluidsnormen.

Regels en normen

De overheid heeft allerlei regels en normen opgesteld om de hinder door geluid te beperken. Een aantal van deze regels en normen is te vinden in de 'Wet op de geluidshinder'. Er zijn regels en normen voor de toelaatbare geluidssterktes in woonwijken, centra van steden, voor overdag en 's nachts, voor disco's, fabrieken en natuurgebieden (figuur 35). Rondom vliegvelden en verkeerswegen zijn gebieden aangegeven waarin niet gewerkt of gewoond mag worden (figuur 36). Er zijn ook voorschriften voor apparaten en voor gedrag. Zo mag een bromfiets niet meer lawaai maken dan 73 dB (figuur 37). Mensen die met lawaaijige apparaten werken, *moeten* oorbeschermers dragen (figuur 38).

FIG. 38 In een lawaaierige omgeving is het dragen van oorbeschermers verplicht.



DE ARBO-WET

In de Arbo-wet zijn de werkomstandigheden geregeld. De Arbo-wet moet ongezonde en onveilige situaties voorkomen. Er is ook in opgenomen dat werknemers in lawaaierige situaties verplicht zijn om oorbeschermers te dragen.

Samenvatting

Geluidshinder kan op allerlei manieren worden aangepakt. Het beste zijn maatregelen bij de *bron* (minder geluid maken). Die leiden tot *duurzame ontwikkeling*. De *geluidssterkte* wordt gegeven in dB. Mensen horen *niet alle frequenties* even goed. Als we rekening willen houden met de *frequentiegevoeligheid* van ons gehoor, gebruiken we de geluidssterkte in *dB(A)*. Als de *afstand* tot de bron groter wordt, *neemt* de geluidssterkte *af*.

Er zijn allerlei regels en normen voor de *maximaal toelaatbare geluidssterkte*.

- 1 In de buurt van Schiphol hebben veel mensen last van geluidshinder.
 - a Noem vier maatregelen die de geluidshinder daar kunnen beperken.
 - b Geef bij iedere oplossing aan of deze oplossing leidt tot duurzame ontwikkeling of niet.
- 2 Wat is het verschil tussen de geluidssterkte in dB en de geluidssterkte in dB(A)?
- 3 a Waarom is de toelaatbare geluidssterkte in een woonwijk overdag hoger dan 's nachts?
 b Waarom is die norm in een stadscentrum hoger dan in een buitenwijk? De bewoners in het centrum hebben er toch evenveel hinder van?
- 4 De wettelijke maximaal toegestane geluidssterkte van een bromfiets is 73 dB.
 - a Waarom zegt dit op zichzelf niets?
 - b Bedenk enkele omstandigheden waaronder die 73 dB gemeten moeten worden.

Geluiddemping

Minder geluid maken voorkomt geluidshinder. Een andere manier om geluidshinder te beperken is het gebruik van *geluiddempende* materialen. Deze materialen worden aangebracht tussen de geluidsbron en de geluidsontvanger. Soms gebeurt dat vlak bij de bron, soms vlak bij de ontvanger of ergens daar tussenin. Geluiddempende materialen nemen geluid op. De demping van het geluid hangt af van het soort materiaal en van de dikte van de geluiddempende laag. Goede geluiddempende materialen zijn stoffen die veel lucht bevatten (figuur 39). Er wordt meer geluid opgenomen als de laag geluiddempend materiaal dikker is.

In woningen, fabrieken en kantoren kan geluid doorgegeven worden via muren, vloeren en plafonds. We noemen dit *contactgeluid*. De bouwwereld heeft onderzocht welke materialen geluid goed dempen. Bij de bouw van woningen, fabrieken en kantoren worden deze materialen gebruikt om geluidsoverlast te voorkomen. In huizen bij een drukke verkeersweg worden gipsplaten of spaanplaten tegen de muren aangebracht. Dubbelglas met lucht ertussen dempt geluid beter dan enkel glas.

FIG. 39 Geluiddemping van diverse materialen.

materiaal	kwaliteit
spaanplaat	redelijk
piepschuim	redelijk
gips	redelijk
beton	slecht
zachtboard	redelijk
zachtboard met gaatjes	goed
steenwol	redelijk

FIG. 41 Een geluidstechnicus in een geluidsstudio.



Geluidsschermen

Langs drukke verkeerswegen in de buurt van woonwijken zie je steeds meer geluidsschermen verschijnen. Er zijn geluidsschermen in allerlei soorten.

Tegenwoordig probeert men de schermen in te passen in het landschap. Meestal ontbreekt daar helaas de ruimte voor (figuur 40).

De werking van geluidsschermen kan verschillend zijn. Hoge aarden wallen, al dan niet beplant, absorberen geluid. Betonnen of glazen schermen kaatsen het geluid meestal alleen terug. In alle gevallen heeft de achterliggende woonwijk minder last van het auto-lawaai.

FIG. 40 Geluidsscherm.



Werken met geluid

Een geluidstechnicus kan een ruimte zo inrichten dat het geluid in de ruimte voldoet aan van tevoren gestelde eisen (figuur 41). Hij is op de hoogte van materiaal-eigenschappen en weet de materialen zo toe te passen dat de akoestiek (de geluidseigenschappen) van de ruimte zo goed mogelijk is.

Samenvatting

Geluidshinder kan beperkt worden door het aanbrengen van *geluiddempende* materialen.

De demping hangt af van het *soort materiaal* en de *dikte*.

Stoffen waar veel *lucht* in zit, dempen het geluid goed. *Geluidsschermen* absorberen geluid of kaatsen het geluid terug.

Een *geluidstechnicus* heeft verstand van geluidseigenschappen (akoestiek).

- 1 **a** Waarom zijn maatregelen die geluidshinder beperken bij de bron beter dan bij de ontvanger?
b Noem twee maatregelen die bij de bron getroffen kunnen worden en twee maatregelen bij de ontvanger.
- 2 **a** Noem drie materialen die geluid redelijk tot goed dempen.
b Welke eigenschappen hebben al deze materialen?
c Welke rol speelt de dikte van het materiaal?
- 3 Op welke manieren kan een geluidsscherm de geluidsoverlast beperken?
- 4 Noem drie beroepen waarvoor veel kennis van geluid nodig is.

Muziekinstrumenten

Er zijn drie soorten muziekinstrumenten: snaar-, blaas- en slaginstrumenten (figuur 42).

FIG. 42 Verschillende soorten muziekinstrumenten.



Bij *snaarinstrumenten* ontstaat het geluid doordat een of meer snaren in trilling worden gebracht. Voorbeelden van snaarinstrumenten zijn de gitaar, piano, viool en harp.

Het geluid bij *blaasinstrumenten* ontstaat door met kracht lucht te blazen door een mondstuk van metaal, hout of riet. Voorbeelden hiervan zijn de trompet, trombone en dwarsfluit (metalen mondstuk), blokfluit (houten mondstuk) en klarinet, fagot en hobo (rieten mondstuk).

Bij *slaginstrumenten* wordt lucht in trilling gebracht door op een strak gespannen vel of op het instrument zelf te slaan. Voorbeelden van slaginstrumenten zijn de trommel, tamboerijn, bekken, steeldrum en triangel.



RESONANTIE

Het geluid van een trillende stemvork is erg zwak. Door de stemvork met de voet tegen een glazen ruit of een tafelblad te houden wordt het geluid versterkt. Dat komt doordat het glas of het tafelblad gaat meetrillen.

Een stemvork op zijn eigen klankkast maakt het meeste geluid. De afmetingen van deze klankkast passen bij de frequentie van de stemvork. Het meetrillen met een geluidsbron noemen we *resonantie*.



KLANKKLEUR

Geluiden kunnen niet alleen verschillen in toonhoogte en sterkte, maar ook in klankkleur of timbre (spreek uit: tɛ̃mbre). De klankkleur van een blokfluit is anders dan die van een piano. Ook als op beide instrumenten dezelfde noot gespeeld wordt. Dit verschil zie je terug in het diagram van beide noten (figuur 43).

Door het verschil in klankkleur kan ons oor verschillende instrumenten van elkaar onderscheiden. Het verschil in klankkleur is een gevolg van resonantie. De klankkleur wordt voor een groot deel bepaald door de vorm van het instrument. Zo bepalen de klankkast van een gitaar en het klankbord van een piano voor een belangrijk deel de klankkleur.

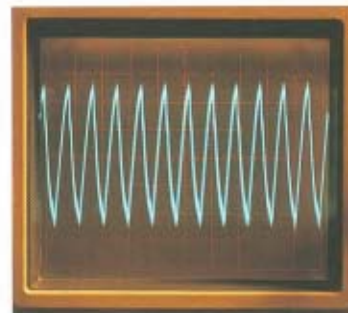


FIG. 44 Normaal instrument en bas-instrument naast elkaar.

FIG. 43 Het diagram van dezelfde noot op een blokfluit (a) en een piano (b).



blokfluit



piano

De klankkast van een instrument zorgt voor versterking van het geluid. Akoestische bas-instrumenten (lage tonen) zijn groter dan normale instrumenten (figuur 44). Als de klankkast van belang is voor de versterking van het geluid, dan hebben we het over een 'akoestisch' instrument.

FIG. 45 De opname-elementen bij een elektrische gitaar.



ELEKTRISCH VERSTERKTE INSTRUMENTEN

Een elektrische gitaar heeft geen klankkast. De trilling van de snaren wordt door een of meer opname-elementen omgezet in een elektrisch signaal (figuur 45). Na versterking zetten luidsprekers dit signaal weer om in geluid. Bij elektrische gitaren zorgt de kwaliteit van de elementen en de elektronica voor de bijzondere klankkleur.

FIG. 46 Een vioolbouwer aan het werk.



VERSCHIL IN KLANKKLEUR

Het verschil in klankkleur tussen twee instrumenten van dezelfde soort (zoals violen of akoestische gitaren) wordt onder meer bepaald door de kundigheid waarmee het instrument is gebouwd. Zo klinkt een handgemaakte stradivarius veel mooier dan een viool uit de fabriek. Uiteraard is de kundigheid van de speler ook van belang. Een stradivarius maakt van een amateur-violist nog geen virtuoos.

Het bouwen van muziekinstrumenten is een vak apart. Het vraagt om veel kennis en kundigheid (figuur 46).

Trillende snaren

De toon van een snaar hangt af van de lengte, de dikte en van de snaarspanning.

Bij een harp is er voor iedere toon een aparte snaar. De snaren voor de hoge tonen zijn korter en dunner dan de snaren voor de lage tonen (figuur 47). Bij een piano zijn er voor iedere noot twee of drie snaren.

Op een gitaar zitten zes even lange snaren van verschillende diktes. De dikke snaren zijn voor de lage tonen; de dunne snaren voor de hoge. Op deze zes snaren moeten alle noten gespeeld worden. Dat gebeurt door met de vingers de snaren af te klemmen. Zo wordt een kleiner stuk van de snaar in trilling gebracht en ontstaat een hogere toon.



FIG. 47 De snaren op een harp.

Snaarinstrumenten worden na verloop van tijd vals. De snaren worden slapper waardoor de toonhoogte daalt. Door de snaar aan te draaien wordt de snaarspanning verhoogd. Zo kun je de snaar weer op de juiste toonhoogte stemmen. Door de spanning van de snaar te verhogen, stijgt de toon.

Samenvatting

Er zijn *snaar*-, *blaas*- en *slag*instrumenten.

Bij *akoestische* instrumenten versterkt de *klankkast* het geluid.

Een *bas-instrument* heeft een *grotere* klankkast dan een *alt-instrument*.

Bij een *elektrisch* instrument wordt het geluid door een *opname-element* omgezet in een *elektrisch signaal*. Dit signaal wordt versterkt en door een *luidspreker* omgezet in geluid.

De *toon* van een snaar hangt af van de *lengte*, de *dikte* en de *snaarspanning*.

- 1 **a** Welke drie soorten muziekinstrumenten ken je?
b Wat bedoelen we met een akoestisch instrument?
c Hoe kun je aan de afmetingen zien welke tonen een akoestisch instrument voortbrengt?
- 2 In figuur 48 zie je drie verschillende snaar-instrumenten.
a Hoe zie je aan de lengte van de snaren welk instrument de laagste tonen produceert?
b Welk instrument zal de dunste snaren hebben?
- 3 **a** Op welke twee manieren kun je uit een snaar een hogere toon halen?
b Op welke manier worden snaarinstrumenten gestemd?

FIG. 48 Drie verschillende snaarinstrumenten.

- a Moderne viool. Omstreeks 1550 werd de eerste viool vervaardigd.
 b De violoncel, ook wel cello genaamd, werd in de 16de eeuw ontwikkeld.
 c Contrabas. Heeft een lengte van ongeveer 1,80 meter.



T9 Geluid opnemen en weergeven

De microfoon

Een microfoon is een *geluidsontvanger*. De microfoon maakt van dat geluid een elektrisch signaal. In de microfoon zit een *elektrische spoel*. Zo'n spoel bestaat uit een lange koperdraad die op een koker is gedraaid (figuur 49). Als je een magneet in de spoel op en neer beweegt, gaat er in de spoel een *elektrisch stroompje* lopen.

Bij de microfoon brengt de bewegende lucht een dun plaatje in trilling. Aan het plaatje zit een magneetje vast. Het magneetje gaat op en neer in een spoeltje (figuur 50).

De microfoon moet aangesloten worden op een *versterker*. De versterker versterkt het stroompje in de spoel. Op de versterker kan een luidspreker aangesloten worden. De luidspreker geeft het geluid versterkt weer.

De luidspreker

Een luidspreker is een *geluidsbron*. De luidspreker zet een elektrisch signaal om in geluid. Ook in een luidspreker zit een *elektrische spoel*. Als er stroom door de spoel loopt, wordt de spoel *magnetisch*. De spoel wordt dan aangetrokken of afgestoten door een magneet. Door de stroom in de spoel steeds om te keren wordt de spoel afwisselend aangetrokken en afgestoten. De spoel gaat dus trillen. De spoel van een luidspreker zit vast aan de conus. De conus kan bewegen en trilt dus mee met de spoel (figuur 51). De trillende conus brengt de lucht in beweging en maakt dus geluid.

FIG. 49 Een elektrische spoel.

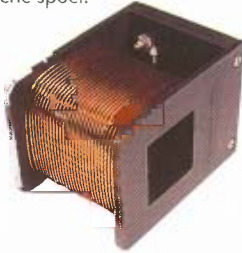


FIG. 50 Een schematische tekening van een microfoon.

beweglijke spoel

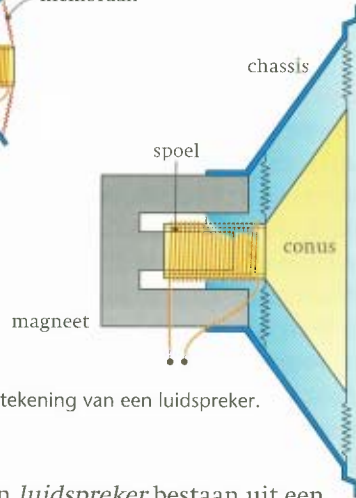
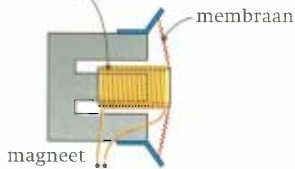


FIG. 51 Een schematische tekening van een luidspreker.

Samenvatting

Een *microfoon* en een *luidspreker* bestaan uit een *spoel* en *magneet*.

Een *bewegende* magneet veroorzaakt in een spoel een *elektrische stroom*.

De microfoon zet *geluid* (= beweging) om in een *elektrisch signaal*.

Een *veranderende* stroom in een spoel brengt een *magneet* in beweging.

De luidspreker zet het *elektrisch* signaal om in *geluid*.

- 1 a Wat zijn de overeenkomsten tussen een microfoon en een luidspreker?
b Wat is het verschil tussen een microfoon en een luidspreker?
- 2 a Waaruit bestaat een elektrische spoel?
b Noem twee eigenschappen van een elektrische spoel.
- 3 Leg uit dat je een luidspreker kunt gebruiken als microfoon en omgekeerd.

H1 Geluid maken en horen

In deze herhaalstof gaan we na hoe geluid ontstaat, hoe geluid beweegt en hoe je geluid kunt horen.

Geluidsbronnen

Veel dingen om ons heen maken geluid. Iets dat geluid maakt, noemen we een *geluidsbron*. Bij een luidspreker kun je goed zien hoe geluid ontstaat. De conus van de luidspreker gaat heen en weer. Dat is bij normaal geluid niet te zien (figuur 52). Met een toongenerator kun je echter een heel lage toon maken. Die toon kun je niet horen, maar wel zien. De conus beweegt langzaam heen en weer. De conus brengt de lucht voor (en achter) de luidspreker in trilling. Bij geluid dat we kunnen horen, trilt de lucht (veel) sneller. Bij alle voorwerpen die geluid voortbrengen gebeurt hetzelfde. De lucht wordt in trilling gebracht.

Trillende lucht ervaren we via onze oren als geluid. De trillende lucht brengt het trommelvlies in trilling. Deze trilling wordt in onze oren omgezet in elektrische signalen. Deze signalen worden doorgegeven aan de hersenen. We horen geluid (zie figuur 8). Ook in een microfoon zit een soort trommelvlies. Het is een plaatje dat door de trillende lucht in beweging wordt gebracht. De beweging van dit plaatje wordt omgezet in een elektrisch signaal.

FIG. 52 Een trillende conus veroorzaakt trillende lucht.



- 1 Hoe ontstaat geluid?
- 2 Welke beweging zorgt voor geluid bij de volgende bronnen:
 - a een stilstaande auto met draaiende motor;
 - b een radio;
 - c een gitaar;
 - d een bel?
- 3 a Wat is de overeenkomst tussen het oor en een microfoon?
b Wat is het verschil tussen het oor en een microfoon?

Voortplanting van geluid

Er is een stof nodig om geluid over te brengen. Geluid plant zich goed voort in lucht en in een aantal andere stoffen. Als er heel ver weg een trein nadert, kun je het geluid van de trein via de lucht nog niet horen. Met je oor op de rails hoor je de trein wel aankomen. Het geluid van de aankomende trein beweegt door de rails. Het staal van de rails is de stof waardoor het geluid zich voortplant.

Geluid kan door voorwerpen of obstakels worden teruggekaatst. Als we iets in een diepe put roepen, horen we even later het teruggekaatste geluid. Dat is de *echo* van onze eigen stem.

- 4 Hoe komt het geluid van de geluidsbron bij de ontvanger?
- 5 Leg uit hoe een echo ontstaat.

H2 Geluid en trillingen

In deze herhaalstof behandelen we een aantal belangrijke begrippen uit dit blok. Wat is een trilling? Wat betekenen de begrippen amplitude, trillingstijd en frequentie?

Wat zijn trillingen?

De beweging van de slinger van een klok, de beweging van een blokje dansend aan een veer, de beweging van de conus van een luidspreker en de beweging van een aangeslagen snaar noemen we *trillingen*. Het zijn heen en weer gaande of op en neer gaande bewegingen die zich herhalen.

De beweging van een trillende stemvork met een naald aan het uiteinde kunnen we vastleggen. Je moet dan de naald met constante snelheid over carbonpapier trekken. Je ziet vervolgens de trilling verschijnen als een golf.

Met een toongenerator en een luidspreker kunnen we geluid maken dat uit één toon bestaat. Dit geluid kunnen we zichtbaar maken met behulp van een oscilloscoop. Het geluid moet dan eerst door een microfoon omgezet worden in een elektrisch signaal. Op het beeldscherm van de oscilloscoop zie je dan net zo'n figuur als bij de stemvork op het carbon.

Amplitude

Geluid is op een oscilloscoop te zien als een regelmatig golvende lijn met bergen en dalen (figuur 53). De hoogte van de bergen (of de diepte van de dalen) noemen we de *amplitude*. Het symbool voor amplitude is de hoofdletter *A*.

Als we de geluidsstrekte vergroten, dan wordt de amplitude groter. De bergen worden hoger en de dalen dieper. De bergen en dalen blijven wel op hun plaats.

1 In figuur 54 zie je de grafieken van twee trillingen a en b.

a Bepaal de amplitude van beide trillingen.

b Welke trilling heeft de grootste amplitude?

FIG. 53 Geluid op het scherm van een oscilloscoop.

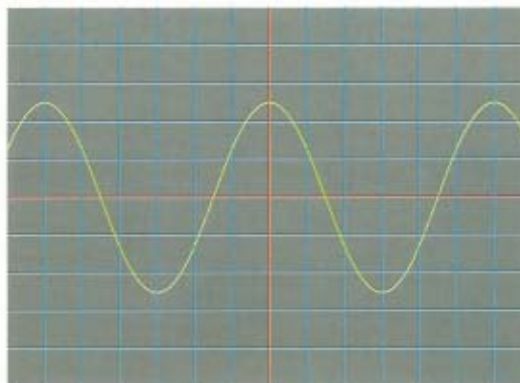
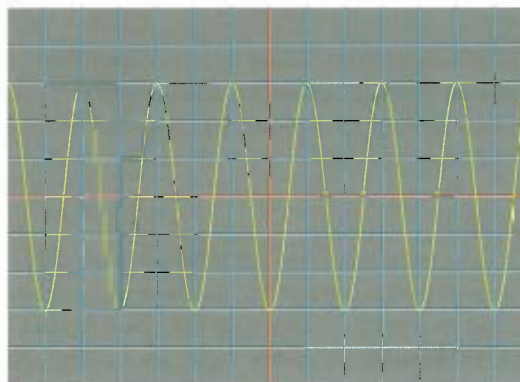


FIG. 54 Twee verschillende trillingen.



grafiek a

hard geluid



grafiek b

zacht geluid

t (s)	u (cm)
0	0
0,1	0,5
0,2	0,7
0,3	0,8
0,4	0,7
0,5	0,5
0,6	0

FIG. 55 De uitwijking van een trillende veer.

- 2 In de tabel van figuur 55 staat de uitwijking van een trillende veer op een aantal tijdstippen. Op $t = 0$ s is de veer in zijn evenwichtsstand. Bepaal de amplitude.

Trillingstijd

Een blokje hangt aan een veer. We trekken het blokje iets naar beneden en laten het los. Het blokje gaat dan eerst omhoog en iets later weer naar beneden. Als het blokje weer in de laagste stand is, heeft het precies *één volledige trilling* uitgevoerd (figuur 56). De tijd die het blokje daar over gedaan heeft, noemen we de *trillingstijd*. Het symbool van de trillingstijd is hoofdletter T . Op het scherm van de oscilloscoop vormen één berg en één dal samen één trilling. Bij een hogere toon is de trillingstijd kleiner. Op het scherm van de oscilloscoop zijn dan meer trillingen te zien.

Op de oscilloscoop komt elk hokje in horizontale richting overeen met een bepaalde ingestelde tijdsduur. Die tijdsduur wordt meestal aangegeven als 'tijd per hokje'. Met de 'tijd per hokje' kun je als volgt de trillingstijd berekenen. Tel het aantal hokjes van één trilling. Vermenigvuldig het aantal hokjes met de tijdsduur die bij één hokje hoort.

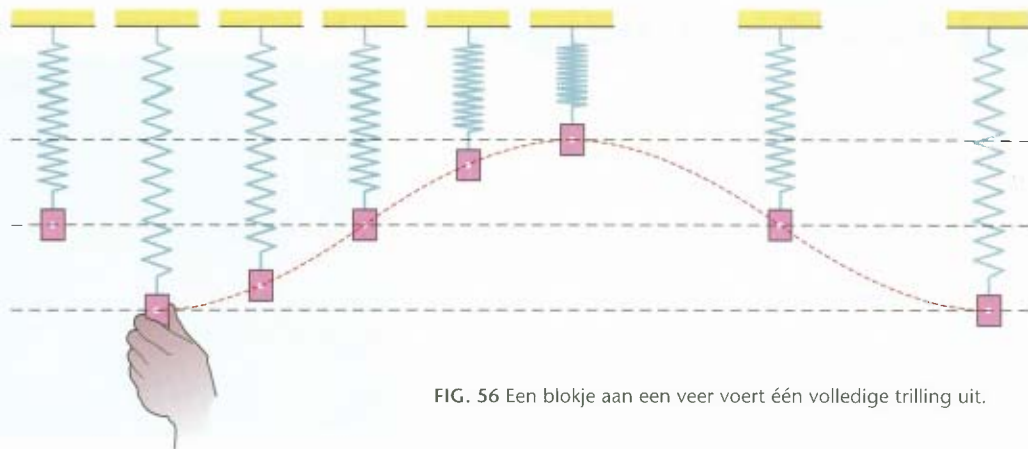
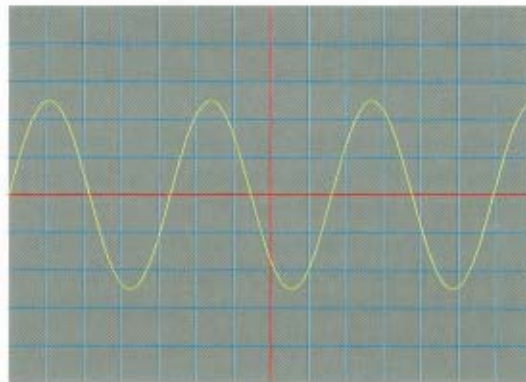


FIG. 56 Een blokje aan een veer voert één volledige trilling uit.

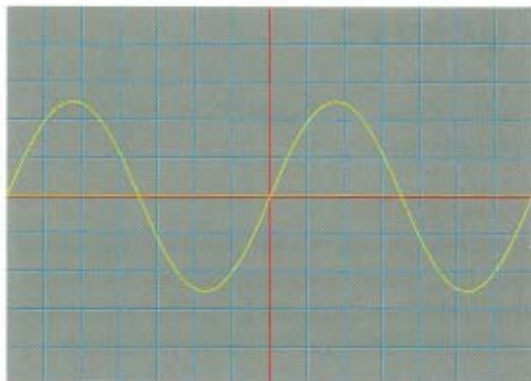
FIG. 57 Een trilling op het scherm van een oscilloscoop; de 'tijd per hokje' is 0,2 ms.



VOORBEELD: De 'tijd per hokje'-knop staat ingesteld op 0,2 ms (figuur 57). Eén trilling duurt 4,5 hokjes. De trillingstijd is dan $4,5 \times 0,2 = 0,9$ ms.

- 3 Figuur 58 toont een trilling op het scherm van een oscilloscoop. De 'tijd per hokje'-knop staat ingesteld op 5 ms (milliseconde). Bereken de trillingstijd.
- 4 Bereken de trillingstijd van de trilling (figuur 58) als de 'tijd per hokje'-knop ingesteld zou staan op 1 ms.

FIG. 58 Een ander oscilloscoopbeeld.



Frequentie

De frequentie geeft aan hoeveel trillingen er per seconde optreden. Het symbool voor de frequentie is de letter f .

De eenheid van frequentie is de hertz; afgekort Hz. Een frequentie van 1 Hz wil zeggen dat er iedere seconde 1 trilling optreedt.

Je kunt de frequentie uitrekenen als je de trillingstijd weet.

$$\text{Er geldt: } f = \frac{1}{T}$$

Hoge tonen hebben een hogere frequentie dan lage tonen. Bij hoge tonen hoort dus een kleinere trillingstijd. Dat kun je zien aan de conus van een luidspreker. Als je de toon verhoogt, gaat de conus sneller trillen.

Samenvatting

Hoe groter de geluidssterkte, hoe groter de amplitude. Hoe groter de frequentie, hoe hoger de toon, hoe kleiner de trillingstijd.

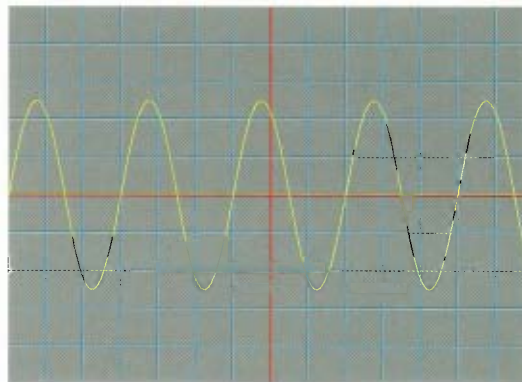
In de tabel van figuur 59 zijn alle begrippen met bijbehorende symbolen en eenheden nog eens bij elkaar gezet.

FIG. 59 Geluidssymbolen en geluidseenheden.

grootheid	symbool	eenheid
uitwijking	u	m (of cm)
amplitude	A	m (of cm)
trillingstijd	T	s (of ms)
frequentie	f	Hz (of kHz)

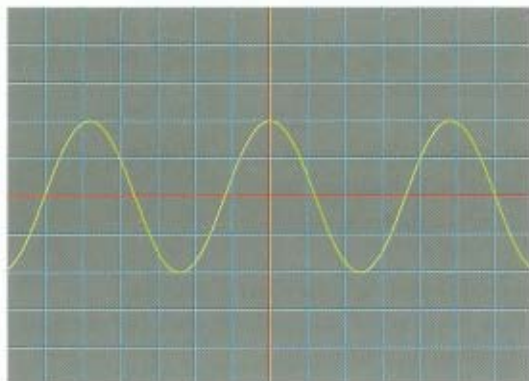
- 5 Eén trilling van een trillende snaar duurt 0,05 s. Bereken de frequentie.
- 6 Een trillende veer voert in 3 s 12 trillingen uit.
 - a Bereken de trillingstijd.
 - b Bereken de frequentie.
- 7 De frequentie van een toon is 200 Hz.
 - a Hoe groot is het aantal trillingen per seconde?
 - b Bereken de trillingstijd.
- 8 Figuur 60 toont het scherm van een oscilloscoop. De 'tijd per hokje'-knop staat ingesteld op 10 ms.
 - a Bepaal de trillingstijd.
 - b Bereken de frequentie.

FIG. 60 Een trilling op het scherm van een oscilloscoop; de 'tijd per hokje' is 10 ms.



- 9 Op een oscilloscoop is een trilling te zien met een trillingstijd van 1,2 ms (figuur 61).
- Hoe staat de 'tijd per hokje'-knop ingesteld?
 - Bereken de frequentie.

FIG. 61 En nog een trilling; $T = 1,2$ ms.



BLOK 6 HERHAALSTOF

H3 Grenzen aan het gehoor

Deze herhaaltstof gaat over frequentiebereik, gehoordrempel en audiogram.

Frequentiebereik

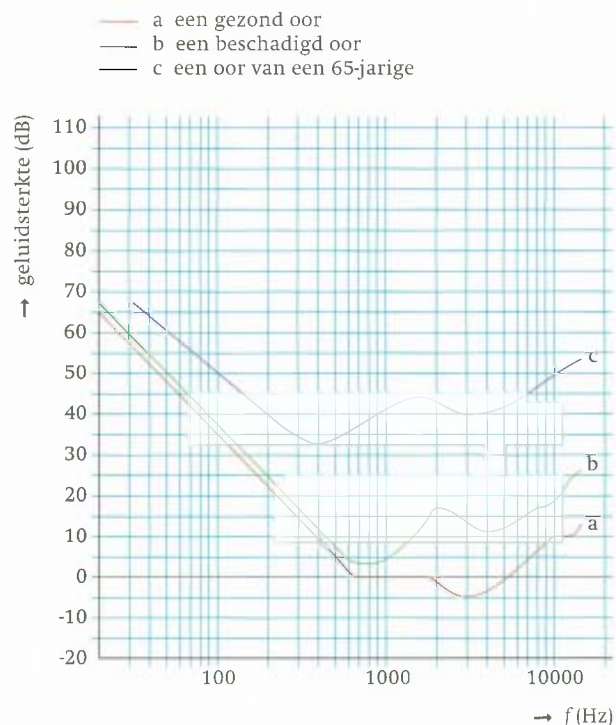
Met het frequentiebereik van het gehoor wordt aangegeven welke frequenties goed waargenomen worden. Ook bij een microfoon kunnen we spreken van een frequentiebereik. Het frequentiebereik van het gehoor ligt voor een 18-jarige tussen 20 Hz en 20 kHz. Met het ouder worden neemt het frequentiebereik af. Een ouder iemand hoort hoge frequenties boven de 15 kHz veel slechter of helemaal niet. Om deze frequenties te kunnen horen moet de geluidsterkte dus veel hoger zijn.

Audiogram

Van het gehoor kunnen we een audiogram opnemen. Zo'n audiogram geeft het verband tussen de frequentie en de geluidsterkte die nog net (niet) gehoord wordt (figuur 62). Let op de bijzondere schaalverdeling langs de horizontale as. Die is zo gekozen om alle frequenties goed te kunnen weergeven. De geluidsterkte waarbij een bepaalde frequentie nog net (niet) gehoord wordt, noemen we de *gehoordrempel* voor die frequentie. De gehoordrempel wordt gegeven in dB.

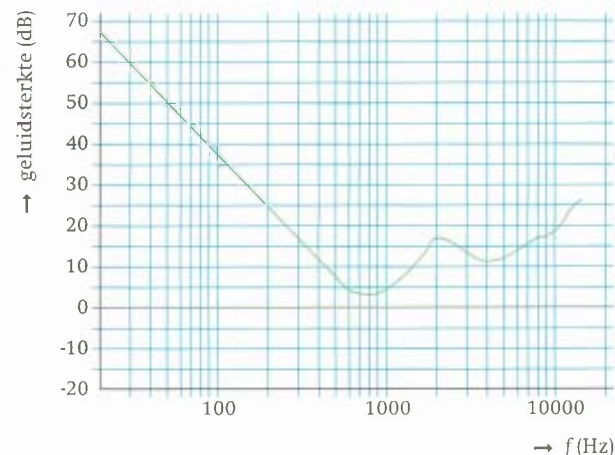
Aan een audiogram is te zien of iemand een *gehoorbeschadiging* heeft (figuur 62b). Ook is te zien dat bij oudere mensen de *gevoeligheid* voor hoge tonen afneemt (figuur 62c).

FIG. 62 Drie audiogrammen.



- In figuur 62a zie je het audiogram voor een jonge volwassene.
 - Bepaal uit dit audiogram het frequentiebereik.
 - Bepaal uit dit audiogram de gehoordrempel bij 100 en 500 Hz en 1, 5 en 10 kHz.
- Waarom is de weergave van tonen beneden 20 Hz en boven 20 kHz niet van belang bij een luidsprekerkast?
- Hoe is aan een audiogram (figuur 62c) te zien dat bij oudere mensen de gevoeligheid voor hoge frequenties afneemt?

FIG. 63 Het audiogram van Sibbel.



- Sibbel speelt in een popgroep. In figuur 63 zie je zijn audiogram, dat is opgenomen door een audio-loog.
 - Welke frequenties hoort Sibbel niet goed?
 - Hoe zou dat komen?

H4 Hinder door geluid

Mens en milieu

Natuur en milieu zijn erg belangrijk voor ons. Ze zijn van belang voor onze gezondheid en veiligheid. Maar de natuur is ook waardevol op zichzelf (figuur 64). Daarom zouden we zo moeten leven dat natuur en milieu geen schade ondervinden. Helaas is dat niet het geval. Sterker nog: natuur en milieu worden steeds meer belast. Gezondheidsproblemen voor mens en dier zijn het gevolg. Er is steeds minder ruimte voor de natuur. Plante- en diersoorten verdwijnen.

- 1 Noem drie voorbeelden waaruit blijkt dat de natuur belangrijk is voor onze gezondheid en veiligheid.
- 2 Waarom is de natuur op zichzelf al waardevol?
- 3 Op welke drie manieren zorgt geluid voor milieuproblemen?

FIG. 64 Waar vind je nog 'wild' in Nederland?



Milieuproblemen

Er komen steeds meer mensen. Die mensen doen steeds meer dingen die slecht zijn voor natuur en milieu. Het milieu lijdt daaronder. Zo erg zelfs dat natuur en milieu zich niet voldoende kunnen herstellen. Natuur en milieu worden steeds ongezonder (figuur 65). En dat heeft gevolgen voor onze eigen gezondheid en die van onze kinderen en kleinkinderen.

Het is in ons eigen belang dat we de schade aan natuur en milieu beperken. We zouden zo moeten leven dat onze kinderen en kleinkinderen op dezelfde manier kunnen leven als wij. Dan is er sprake van een *duurzame ontwikkeling*.

Er zijn allerlei mogelijkheden om milieuproblemen aan te pakken. De beste oplossingen zijn maatregelen bij de bron van het probleem. Zulke oplossingen leveren de beste bijdrage aan een duurzame ontwikkeling.

- 4 Noem drie redenen waarom geluid voor steeds meer milieuproblemen zorgt.
- 5 Wat wordt bedoeld met 'duurzame ontwikkeling'?
- 6 **a** Noem vijf maatregelen om geluidshinder te beperken.
b Welke maatregelen leveren een bijdrage aan duurzame ontwikkeling?

FIG. 65 Geluidshinder.



FIG. 66 Protest tegen de Betuwelijn.



Kiezen voor het milieu

Als je een milieuprobleem wilt oplossen, moet je eerst onderzoek doen. Je moet het probleem in kaart brengen. Je moet gegevens verzamelen, metingen doen en (onderzoeks)gegevens verwerken. Tenslotte moet je conclusies trekken en rapporteren.

Er moet een voorstel op tafel komen om het probleem aan te pakken. Welke afwegingen zijn daarbij gemaakt? Welke rol heeft het milieu gespeeld? (figuur 66).

Het lijkt vanzelfsprekend dat na zo'n keuzeprocess iedereen zich aan de afspraken houdt. In de praktijk blijkt dat niet altijd zo te werken.

- 7 Het bewonerscomité van de Noordstraat klaagt over geluidsoverlast van de nabijgelegen snelweg (zie figuur 65).

Hoe zou jij met je kennis van geluid deze bewoners kunnen helpen?

- 8 Als je meer dan 3 uur per dag naar je walkman luistert, leidt dit tot blijvende gehoorbeschadiging. Leg uit waarom jij toch meer dan drie uur per dag naar je walkman luistert, of juist niet. Geef aan welke argumenten daarbij een rol spelen.

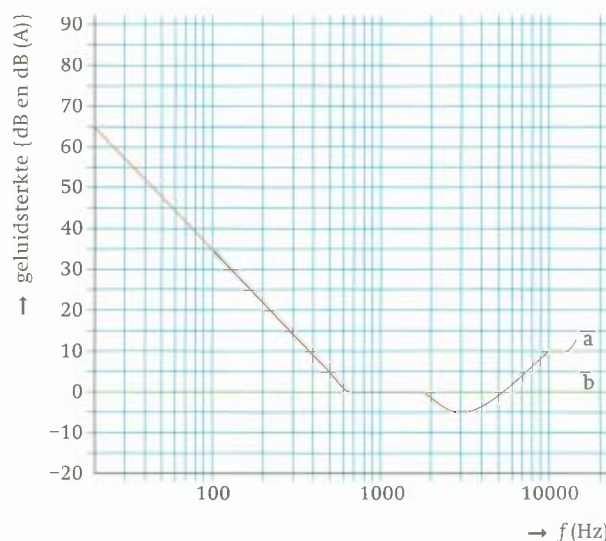
BLOK 6 EXTRASTOF

E1

Een audiogram opnemen

In deze extrastof moet je het gehoor van een medeleerling testen. Dat doe je door een audiogram op te nemen. Een audiogram laat zien hoe goed iemand verschillende frequenties hoort (figuur 67). Daarvoor moet je bij die verschillende frequenties de gehoordrempel bepalen. Dat kan met een toongenerator en een koptelefoon.

FIG. 67



a Audiogram van een gezond menselijk oor in dB

b Audiogram van een gezond menselijk oor dB(A)

BENODIGD MATERIAAL:

- toongenerator
- koptelefoon
- twee drukschakelaars
- lampje met fitting
- batterij
- scherm
- logaritmisch grafiekpapier



FIG. 68 Een audiogram opnemen.

Het is de bedoeling dat jij als 'audioloog' je medeleerling verschillende geluiden laat horen. De medeleerling kan laten weten dat hij het geluid gehoord heeft, door een lampje te laten branden. Je moet zorgen dat je medeleerling niet ziet wat jij als audioloog doet. Daarom moet je een scherm tussen jou en je medeleerling zetten (figuur 68).

Neem eerst de tabel van figuur 69 over.

Meting

Sluit de koptelefoon via een drukschakelaar aan op de toongenerator.

Sluit het lampje via de andere drukschakelaar aan op de batterij.

Je medeleerling moet met zijn koptelefoon en drukschakelaar aan een kant van het scherm gaan zitten. Ga zelf met de toongenerator, drukschakelaar en het lampje aan de andere kant zitten.

Stel de toongenerator in op 20 Hz.

Zet de volumeknop half open.

Druk even op de schakelaar.

Je medeleerling moet het lampje even laten branden als hij iets hoort.

frequentie	stand volumeknop
20 Hz	++++
50 Hz	++++
100 Hz	++++
200 Hz	++++
500 Hz	++++
1,0 kHz	++++
2,0 kHz	++++
5,0 kHz	++++
10 kHz	++++
20 kHz	++++

FIG. 69 Tabel voor de waarnemingen.

Als het lampje 'niet' gaat branden:

Draai de volumeknop een streepje verder open. Druk weer even op de schakelaar en wacht op het lampje. Herhaal dit tot het lampje gaat branden.

Noteer in de tabel de stand van de volumeknop waar bij het lampje gaat branden.

Als het lampje niet gaat branden, zelfs niet als de volumeknop helemaal open staat, dan hoort je medeleerling deze frequentie niet.

Als het lampje wèl gaat branden:

Draai de volumeknop een streepje verder dicht. Druk weer even op de schakelaar en wacht op het lampje.

Herhaal dit tot het lampje niet meer gaat branden.

Noteer in de tabel de stand van de volumeknop waar bij het lampje niet meer gaat branden.

Stel de frequentie in op 50 Hz.

Herhaal de meting.

Doe dit ook voor de andere frequenties uit de tabel.

Uitwerking

Maak op het logaritmisch grafiekpapier een assenstelsel met een schaalverdeling als in figuur 67. Zet de meetpunten in het diagram. Een meetpunt is bij een bepaalde frequentie de stand van de volumeknop waarbij het geluid net gehoord werd. Teken een grafiek door de meetpunten.

Analyse

Vergelijk het audiogram van je medeleerling met het audiogram van een gezond oor (figuur 67). Ga na of er verschillen zijn.

Bepaal uit het diagram ook het frequentiebereik. Maak voor je medeleerling een analyserapport. In zo'n analyserapport moet alles staan wat jij als audioloog vindt dat je medeleerling moet weten.

Vragen

- 1 Wat is het verschil tussen het audiogram dat jij hebt opgenomen en een echt audiogram?
- 2 Welke stand van de volumeknop komt overeen met een geluidsterkte van 0 dB?

BLOK 6 EXTRASTOF

E2 Geluid op weg

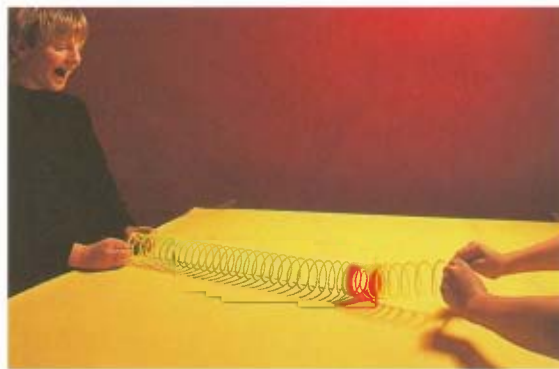
Deze extrastof gaat over het ontstaan en het bewegen van geluid.

Geluid; wat trilt er eigenlijk?

We weten dat trillende voorwerpen geluid maken. Bij lage tonen zie je de conus van de luidspreker bewegen. Het effect van de conus op de lucht kun je nabootsen met een slinky-veer.

Leg de veer licht gespannen op de grond. Neem een paar windingen aan het eind samen en laat ze los. Je ziet dan dat het pakketje windingen dichtbij elkaar als het ware *door* de veer loopt (figuur 70). Dit noemen we een *lopende golf*.

FIG. 70 Een lopende golf in een slinky-veer.



Iets dergelijks gebeurt met de omringende lucht bij trillende voorwerpen. Voor de conus van een luidspreker zit lucht (figuur 71). Beweegt de conus naar voren, dan worden de lucht samengedrukt. Er ontstaat een *verdichting* van lucht. Deze verdichting verspreidt zich in alle richtingen als het oppervlak van een bol die steeds groter wordt.

Als de conus naar achteren beweegt, wordt de lucht uit elkaar getrokken. Zo ontstaat een *verdunning* van lucht. Ook deze verdunning plant zich naar alle kanten voort.

Het aantal verdichtingen en verdunningen dat per seconde ontstaat is gelijk aan de frequentie van de trilling van de luidsprekerconus (figuur 72). Eén trilling van de conus veroorzaakt één verdichting plus één verdunning. Bij een toon met een frequentie van 50 Hz zullen er iedere seconde 50 verdichtingen en 50 verdunningen worden gevormd. Als het geluid ons oor bereikt, zullen de verdichtingen en verdunningen in de lucht het trommelvlies in beweging brengen. Bij een toon van 50 Hz beweegt het trommelvlies 50 keer per seconde naar achteren (verdichting) en naar voren (verdunning).

FIG. 71 Eenvoudige voorstelling van de verplaatsing van lucht voor de conus van een luidspreker.

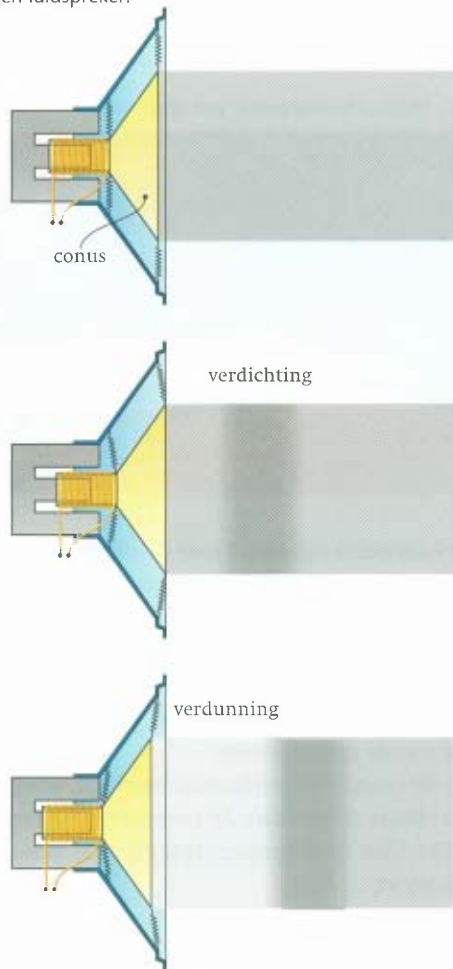


FIG. 72 Opeenvolgende verdichtingen en verdunningen in de lucht.



Geluidssnelheid

De snelheid waarmee geluid beweegt, is vrij groot. Toch merk je dat geluid tijd nodig heeft om zich voort te planten. Als je op een afstand naar het heien kijkt, zie je eerst het heiblok op de paal terecht komen. Even later hoor je de daarbijbehorende klap. In lucht beweegt geluid met een snelheid van 340 meter per seconde: $v_{\text{lucht}} = 340 \text{ m/s}$. De toevoeging 'lucht' is nodig, omdat de geluidssnelheid in elke stof anders is. In de tabel van figuur 73 zie je de geluidssnelheid voor een aantal stoffen.

Je kunt de geluidssnelheid bepalen door te meten hoe lang het geluid er over doet om een bepaalde afstand af te leggen. Met een computer gaat dat prima.

FIG. 73 Geluidssnelheden in verschillende stoffen.

soort stof	stof	geluidssnelheid (km/s)
gas	helium	0,965
	koolstofdioxide	0,259
	lucht (0 °C)	0,332
	lucht (20 °C)	0,343
vloeistof	alcohol	1,17
	olie	1,5
	water (0 °C)	1,40
	water (20 °C)	1,48
	zeewater	1,51
vaste stof	been (massief)	3,0
	been (poreus)	2,6
	beton	4,3
	glas	4,0
	ijs	3,28
	kurk	0,5
	rubber	0,05
	staal	5,1



GELUIDSSNELHEID EN TEMPERATUUR

De geluidssnelheid in lucht is niet altijd 340 m/s. Dat is alleen zo bij 20 °C. De geluidssnelheid hangt af van de temperatuur. Bij 0 °C is de geluidssnelheid 330 m/s; bij 40 °C is dat 343 m/s.

De afstand die geluid aflegt, bereken je met:

$$s = v_{\text{geluid}} \cdot t$$



DE AFSTAND TOT DE GELUIDSBRON

Als je na 2 seconden de klap van het heiblok hoort, sta je op een afstand van:

$$s = 340 \times 2 = 680 \text{ m}$$

De lichtsnelheid is zo groot dat je de tijd die het licht erover doet, mag verwaarlozen.

Echo

Geluid kan door stoffen of voorwerpen teruggekaatst worden. Als de afstand waarover het geluid wordt teruggekaatst groot genoeg is, horen we het teruggekaatste geluid later dan het oorspronkelijke geluid. Dit verschijnsel noemen we nagalm of echo. Als het oorspronkelijke en het teruggekaatste geluid niet te onderscheiden zijn dan is er sprake van *nagalm*. We spreken van *echo* als het oorspronkelijke en het teruggekaatste geluid wel te onderscheiden zijn. Er moet dan minstens 0,1 s tussen zitten.

Vragen en opdrachten

- 1 Een luidspreker laat een toon van 100 Hz horen.
 - a Hoeveel keer gaat de conus per seconde op en neer?
 - b Hoeveel verdichtingen en verdunningen ontstaan er iedere seconde in de lucht?
 Geluid legt in 1 s 340 m af.
 - c Bereken hoe lang een verdichting en een verdunning in de lucht samen zijn.

- 2 Je hoort 3 seconden lang een toon van 1,0 kHz.
 - a Hoeveel verdichtingen en verdunningen van de lucht zijn er in jouw oor aangekomen?
 - b Hoeveel keer is je trommelvlies heen en weer gegaan?
- 3 Een poreuze wand van zacht materiaal dempt het geluid goed. Geef hiervoor een verklaring met behulp van verdichtingen en verdunningen in de lucht.
- 4 Je kunt tijdens een onweer bepalen hoe ver het onweer van je vandaan is. Je moet dan de tijd meten tussen het zien van de bliksem en het horen van de donder.
 - a Hoe ver is het onweer bij je vandaan als er 10 s zit tussen het zien van de bliksem en het horen van de donder?
 - b Moet je bij de berekening rekening houden met de lichtsnelheid? Licht je antwoord toe.
- 5 Bij een echoput wordt het geluid teruggekaatst door het water onder in de put. Bereken hoe diep een echoput minstens moet zijn om de echo te kunnen horen.
- 6 Je staat op 255 m afstand van een rotswand. Je geeft een harde schreeuw en je hoort na 1,5 s de echo. Bereken de geluidssnelheid.
- 7 Bij welke snelheid gaat een vliegtuig door de geluidsbarrière? Geef de snelheid in m/s en in km/h.
- 8 Jan beweert dat lage tonen zich veel langzamer verplaatsen dan hoge tonen. Annemiek beweert dat lage en hoge tonen zich even snel verplaatsen.
 - a Wie heeft er volgens jou gelijk?
 - b Geef een voorbeeld waaruit dat blijkt.

E3 Een geluidskaart van de schoolomgeving

We gaan een geluidskaart van de schoolomgeving maken. Daarvoor moet je op verschillende plaatsen in de buurt van de school onderzoeken:

- welke geluidsbronnen je hoort;
- hoe hard het geluid is;
- of er sprake is van geluidshinder.

Als ‘meet’instrument gebruik je een geluidsliniaal (figuur 74). Zo’n geluidsliniaal laat zien welke geluidssterkte hoort bij een bepaalde geluidsbron.

De omgeving van de school wordt verdeeld in een aantal waarnemingsgebieden. Twee leerlingen moeten het geluid in zo’n gebied in kaart brengen. Dat kan door goed te luisteren. Zo krijg je een indruk van de geluiden die je buiten hoort. Maar ook hoe hard die geluiden zijn en waar ze vandaan komen.

FIG. 74 De geluidsliniaal.

geluidssterkte in dB(A)	geluidsbron
0	gehoordrempel
10	vallend blad
20	zacht gefluister
30	stille woonwijk ’s nachts
40	stille woonwijk overdag
50	normale woonwijk overdag
60	normaal gesprek
70	autosnelweg op 25 m
80	trein op 25 m 60 km/u
90	trein op 25 m 120 km/u
100	zware vrachtwagen op 5 m
110	drilboor op 1 m
120	autoclaxon op 2 m
130	startend vliegtuig op 50 m
140	pijngrens

We gaan als volgt te werk.
Je krijgt een plattegrond van jouw deel van de schoolomgeving.

- 1 a Kies in je waarnemingsgebied vier verschillende plaatsen. Kies die plaatsen ver uit elkaar. Geef ze aan op de plattegrond.
Ga naar de gekozen plaats en luister twee minuten zonder te praten.
- b Vergelijk het geluid dat je hoort met de geluiden op de geluidsliniaal. Schat de geluidssterkte. Geef deze sterkte aan bij de gekozen plaats op de plattegrond.
- c Kijk goed om je heen. Probeer vast te stellen welke geluidsbronnen het geluid veroorzaken. Geef op de plattegrond met een cirkel de plaats van iedere geluidsbron aan.
- d Zet in de cirkel om wat voor soort geluid het gaat. Gebruik de codes uit figuur 75.

FIG. 75 Codes voor geluid.

code	soort geluid
A1	hard (meer dan 70 dB(A))
A2	matig (tussen 40 en 70 dB(A))
A3	zacht (minder dan 40 dB(A))
B1	regelmatig
B2	plotseling
C1	licht verkeer (bromfiets, auto, lage snelheid)
C2	zwaar verkeer (auto, vrachtauto, hoge snelheid)
C3	lichte industrie
C4	zware industrie
C5	natuurlijke geluiden
C6	anders

Beantwoord voor je eigen waarnemingsgebied de volgende vragen.

- 2 Waar is het geluid het hardst? Welke geluiden hoor je daar?
- 3 Waar is het geluid het zachtst? Welke geluiden hoor je daar?
- 4 Waar is er sprake van geluidshinder?
- 5 Zijn er maatregelen getroffen om de geluidshinder te beperken?

Als iedereen terug is in de klas, plak dan de waarnemingsgebieden tegen elkaar op het bord. Vergelijk de verschillende waarnemingen met elkaar. Staat de school in een rustige omgeving of juist niet? Bespreek dit met elkaar.

Als er sprake is van geluidshinder, bedenk dan samen beperkende maatregelen. Formuleer deze maatregelen in de vorm van een aantal aanbevelingen.

Maak van het hele onderzoek een verslag en bied dit aan aan het gemeentebestuur.

BLOK 6 EXTRASTOF

E4 Oefenvragen en opgaven

- 1 Als je lucht door de gaatjes van een snel ronddraaiende schijf blaast, ontstaat er een sirene-achtig geluid.
 - a Beschrijf hoe het geluid ontstaat.
Het toerental van een sirene wordt ingesteld op 600 omwentelingen per minuut. Er zitten 44 gaatjes langs de rand van de schijf (figuur 76).
 - b Bereken de frequentie van het sirenegeluid.
- 2 Twee hoge torens A en B liggen 11,22 km van elkaar. Het waait en de wind staat van A naar B. Het geluid heeft 33 s nodig om van A naar B te komen. Van B naar A duurt het 34 s (figuur 77).
 - a Bereken de snelheid van het geluid als het van A naar B gaat en als het van B naar A gaat.
 - b Wat is de geluidssnelheid in stilstaande lucht?
 - c Bereken de windsnelheid op die dag.

FIG. 76 Op de rand van de schijf zitten 44 gaatjes.





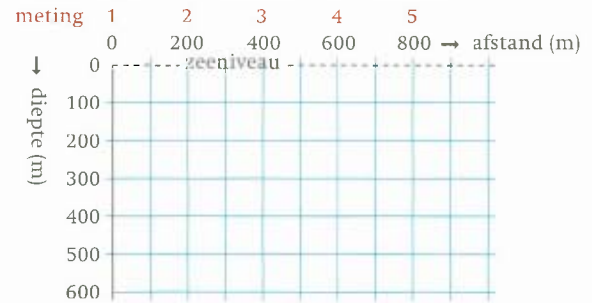
FIG. 77 Geluid van de ene toren naar de andere en terug.

- 3 Je staat op enige afstand van een bosrand. De bosrand kaatst het geluid van je stem terug. Je roept 'hallo' in de richting van de bosrand. Je hoort nog juist de echo van de laatste lettergreep 'lo'. Het uitspreken van één lettergreep duurt 0,20 s duurt.
 - a Hoe lang is de lettergreep 'lo' in totaal onderweg geweest?
 - b Bereken hoe ver je van die bosrand staat. Gebruik de tabel met geluidssnelheden van figuur 73.
- 4 Vanaf een schip wordt met behulp van sonar een deel van de zeebodem in kaart gebracht. Sonar is apparatuur waarmee ultrasoon geluid wordt uitgezonden en opgevangen na terugkaatsing. Sonar is de afkorting van 'SOund NAvigation and Ranging'. De geluidssnelheid in water is 1500 m/s. Voor een bepaald stuk zeebodem doet men om de 200 meter 5 metingen. Men meet de tijdsduur tussen het uitzenden en het ontvangen van het ultrasone signaal. De metingen staan vermeld in de tabel van figuur 78.
 - a Bereken met de gegevens uit de tabel voor de 5 metingen de afstand tot de zeebodem.
 - b Neem het diagram van figuur 79 over en schets daarin hoe dat stuk van de zeebodem eruit ziet.

FIG. 78 Gemeten waarden bij de sonarmetingen.

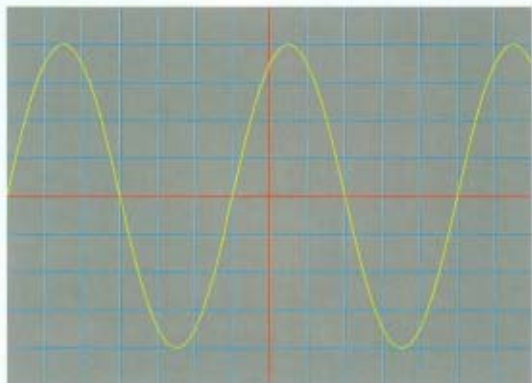
meting	tijd in s	afstand in m
1	0,8
2	0,6
3	0,3
4	0,5
5	0,7

FIG. 79 Diagram voor weergave van de metingen.



- 5 Een luidspreker zet elektrische signalen om in geluid. Op het scherm van een oscilloscoop is het elektrisch signaal te zien. Je ziet bergen en dalen. Op de oscilloscoop kunnen we het signaal met behulp van de 'volt per hokje'-knop zo aanpassen, dat de uitwijkingen goed te zien zijn. In figuur 80 zie je een oscilloscoopbeeld van zo'n elektrisch signaal. De 'tijd per hokje'-knop staat op 50 μ s (1 μ s = 0,000 001 s). De 'volt per hokje'-knop staat op 1 V.
 - a Hoe groot is de amplitude?
 - b Wat is het verschil tussen de uitwijkingen boven en beneden de 0 V?
 - c Bepaal de trillingstijd van het signaal.
 - d Bereken de frequentie.

FIG. 80 Oscilloscoopbeeld van een elektrisch signaal.



- 6** Uit een luidspreker komt op hetzelfde moment het geluid van een bas en een fluit. Toch kun je de bas en de fluit duidelijk onderscheiden. De frequenties van beide instrumenten zijn heel verschillend.

a Welk instrument brengt geluid voort met een lage frequentie?

b Schets in een diagram het geluid van de bas.

c Schets in hetzelfde diagram ook het geluid van de fluit. Laat duidelijk het verschil in frequentie zien tussen de fluit en de bas.

De luidspreker krijgt beide signalen tegelijkertijd toegevoerd. De luidsprekerconus moet dan zowel een trilling van een lage als van een hoge frequentie voortbrengen.

d Bij de vragen b en c heb je de lage en hoge frequentie apart geschetst. Schets nu in hetzelfde diagram met een andere kleur het samengestelde geluid van de bas en de fluit.