

Blok 5 Geluid

INHOUD

PRACTICUM	
P1	Geluid, waar denk je aan?
P2	Van bron via medium naar ontvanger
P3	Geluid zichtbaar maken
P4	Geluidshinder, wat doe je daaraan?
P5	Daar zit muziek in

BASISSTOF	
TW1	Geluid, waar denk je aan?
TW2	Van bron via medium naar ontvanger
TW3	Geluid zichtbaar maken
TW4	Geluidshinder, wat doe je daaraan?
TW5	Daar zit muziek in

HERHAALSTOF	
H1	Geluid maken en horen
H2	Geluid en trillingen
H3	Geluid en muziek
H4	Geluid en overlast

EXTRASTOF	
E1	Geluid op weg
E2	De luidspreker
E3	Geluid rondom je school
E4	Oefenvragen en opgaven

TIJDSINDELING

P1	1 lesuur
T1, W1	1 lesuur
P2	1 lesuur
T2, W2	1 lesuur
P3	1 lesuur
T3, W3	2 uren
P4	1 lesuur
T4, W4	1 lesuur
P5	1 lesuur
T5, W5	1 lesuur
D-toets	1 lesuur
H/E-stof	2 uren
E-toets	1 lesuur
Totaal	15 uren

BASISVORMING

Hier komen de kerndoelen F 12 en F 13 aan de orde. Uit kerndoel F 14 wordt de werking van de luidspreker en microfoon kort besproken. In blok 1 (magneten) werd de werking van luidspreker en cassette recorder al uitgebreid behandeld.

DE STOF

De geluidsleer kent vele aspecten, die zoveel mogelijk aan de hand van contexten worden besproken. De vragen "Hoe ontstaat geluid? Hoe plant het zich voort? Waardoor worden geluidssterkte, toonhoogte en klankkleur bepaald?" zijn vanouds een 'must'. Nieuw is de grote aandacht voor geluidshinder, die als een rode draad door het blok loopt. De grote invloed die geluidshinder in een dichtbevolkt land als Nederland heeft op ons milieu, komt uitgebreid ter sprake. Audiogrammen en frequentiekenmerken van luidsprekers worden daarbij niet geschuwd. Met de computer en het programma IP-Coach wordt een snelle en accurate bepaling van de geluidssnelheid uitgevoerd. Ook wordt aandacht besteed aan de werking van de verschillende soorten muziekinstrumenten, in samenhang met het begrip resonantie.

BIJ BLOK 5

P1

Via een cassettebandje (verkrijgbaar bij Malmberg) beluisteren leerlingen zestien geluiden. Zij moeten de geluidsbronnen noemen en waaraan ze dat geluid hebben herkend. Ook moeten die geluiden worden gekwalificeerd als 'prettig', 'vervelend' of 'soms prettig, soms vervelend'. Aan de hand van hun beschrijvingen moeten de leerlingen zelf tot drie algemene eigenschappen van geluid komen (geluidssterkte, toonhoogte en klankkleur). De leerling gaat na welke verschillende functies geluid kan hebben. De geluiden worden onderscheiden in 'natuurlijke geluiden' (stromend water, ritselende bladeren, diergeluiden enz) en 'onnatuurlijke geluiden' (veroorzaakt door menselijk handelen). De leerling gaat na wanneer een geluid hinderlijk is, en welke gevolgen geluidshinder kan hebben voor mens en natuur.

Benodigd materiaal:

- cassettebandje met 16 soorten geluiden

BIJ BLOK 5

P2

We vragen ons af: “Hoe ontstaat geluid en hoe plant het zich voort?” Trillingen als oorzaak worden geïntroduceerd via onze stembanden, de fietsbel, de stemvork en de toongenerator + luidspreker. Maar ook via een simpele trillende liniaal.

De leerling onderzoekt de rol van gas en vaste stof als voortplantingsmedium. Via de reeds genoemde computerproef wordt de geluidssnelheid in lucht gemeten. Ten slotte worden de gehoorgrenzen kwalitatief onderzocht.

Benodigd materiaal:

- fietsbel
- stemvork op klankkast en tafeltennisballetje aan draadje
- toongenerator met hierop aan te sluiten luidspreker
- liniaal van ca 50 cm
- kaars (om voor de luidspreker te plaatsen)
- elektrische bel onder stolp van de luchtpomp + laagspanningsbron, vacuümpomp
- draadtelefoon (twee blikjes, verbonden door een touwtje tussen de bodems)
- computer met IP-Coach-programma, meetpaneel en twee microfoons (op 10 m afstand van elkaar opgesteld) (meting geluidssnelheid)
- toongenerator + luidspreker voor de bepaling van de individuele gehoorgrenzen

BIJ BLOK 5

P3

Als inleiding tot de oscilloscoop wordt de trilling van het slingerende bekertje met zand als functie van de tijd zichtbaar gemaakt. Na onderzoek van de trilling van een stemvork volgt onderzoek van geluiden met microfoon en oscilloscoop. Het onderscheid tussen een enkelvoudige toon (stemvork) en samengestelde toon (blokfluit en gezongen klinkers) wordt op de oscilloscoop onderzocht. Met de ‘tijd per hokje’ kan de trillingstijd uit het oscilloscoopbeeld worden bepaald. Met de toongenerator wordt onderzocht dat bij een hogere toon een kortere trillingstijd hoort.

Benodigd materiaal:

- plastic bekertje met fijn zand aan 1 m touw, opgehangen aan statief
- twee vellen tekenpapier (ca. 50 × 100 cm) om onder het slingerende bekertje door te trekken (bij twee transportsnelheden)
- stemvork met naald aan uiteinde, vel wit papier en vel carbonpapier
- oscilloscoop met daarop aangesloten microfoon, twee verschillende stemvorken op hun klankkast

- blokfluit (via leerlingen?) waarop dezelfde toon als die van een van beide stemvorken kan worden gespeeld

- oscilloscoop met daarop aangesloten toongenerator (bepaling trillingstijd via ‘tijd-per-hokje’).

BIJ BLOK 5

P4

Eerst worden de decibelmeter en de ‘geluidsliniaal’ geïntroduceerd. Dan wordt getoond dat twee bronnen van dezelfde sterkte het geluid niet twee maal zo hard maken als van één bron.

Vervolgens wordt het verband tussen geluidssterkte en afstand tot de geluidsbron experimenteel onderzocht. Ten slotte wordt de geluidsisolatiekwaliteit van een aantal materialen onderzocht. Ook de invloed van de dikte van de isolerende laag komt ter sprake.

Beperking van geluidshinder kan via maatregelen bij de bron, tussen bron en ontvanger en bij de ontvanger. Van de leerling wordt gevraagd om gemotiveerd de beste keus tussen deze drie te maken.

Benodigd materiaal:

- decibelmeter
- toongenerator met twee dezelfde luidsprekers
- computer met IP-Coach-programma, printer en geluidssensor
- vlakke spiegel, zachtboard plafondtegels met gaatjes, plaat tempex van 5 cm dikte, geplastificeerde spaanplaat van 22 mm dikte (onderzoek geluidsisolatie)

BIJ BLOK 5

P5

Wat trilt er eigenlijk bij zestien bekende muziekinstrumenten? Als deze vraag beantwoord is, wordt de leerling gevraagd deze instrumenten in drie soorten te onderscheiden (snaar-, blaas- en slaginstrumenten). Via een achterdeurtje wordt naar een vierde soort instrument gevraagd (de menselijke stem). Ten slotte wordt onderzocht hoe je bij blaas- en snaarinstrumenten de toonhoogte kunt veranderen.

Benodigd materiaal:

- stemvork op klankkast
- aantal lege flesjes van gelijke afmetingen (voor het blazen van ‘Vader Jacob’ zijn minimaal zeven flesjes nodig)
- normaal en dikker stuk elastiek.

BIJ BLOK 5

T1

De drie kenmerkende eigenschappen van geluid zijn: geluidssterkte, toonhoogte en klankkleur. De geluidssterkte met de eenheid dB en de toonhoogte (frequentie) met de eenheid Hz worden geïntroduceerd.

Oorzaak van verschil in klankkleur volgt in T3 en T5. Geluid kan al of niet een functie hebben.

Er wordt aandacht besteed aan geluid als communicatiemiddel bij mens en dier, als vorm van ontspanning (muziek), natuurlijke geluiden (stromend water, branding, diergeluiden) en onbedoelde effecten van geluid (verkeer, machines).

De invloed van geluid op ons milieu - met kwade gevolgen als stress en gehoorbeschadiging - besluiten dit blad.

BIJ BLOK 5

T2

De belangrijkste geluidsontvangers (oor, microfoon) en geluidsbronnen (stem, luidspreker) worden genoemd.

De begrippen trilling en trillingstijd worden nader omschreven. De 'grootte van de uitslag' is een maat voor de geluidssterkte en de frequentie is een maat voor de toonhoogte. Ook wordt de relatie tussen trillingstijd en frequentie gelegd.

Gas, vloeistof en vaste stof als mogelijke voortplantingsmedia van geluid worden nader bekeken. In een leestekst wordt het grote verschil in voortplantingssnelheid bij deze drie fasen verklaard met het molecuulmodel.

Absorptie en terugkaatsing van geluid (nagalm en echo) worden kort besproken.

Het frequentiebereik en de gehoordrempel worden besproken aan de hand van audiogrammen van het menselijk oor. De vermindering van de gevoeligheid van ons oor door ouderdom of gehoorbeschadiging wordt in audiogrammen getoond. De beroepswerkzaamheden van een audioloog worden kort verduidelijkt.

BIJ BLOK 5

T3

Met microfoon en oscilloscoop wordt het (u, t) -diagram bekeken van een enkelvoudige toon. De invloed van de amplitude op de geluidssterkte en van de frequentie op de toonhoogte wordt in deze diagrammen getoond. Daarna volgt de invloed van een samengestelde toon (blokfluittoon en gezongen klinkers) op het (u, t) -diagram.

Er wordt een duidelijke relatie gelegd tussen de in P3 gemaakte diagrammen met het slingerende bekertje en de trillende stemvork, en het met microfoon en oscilloscoop geproduceerde diagram.

Er wordt uitgelegd hoe je uit de 'tijd-per-hokje' op de scoop de trillingstijd (en dus ook de frequentie) van een trillingsbron kunt bepalen.

Ten slotte wordt het begrip 'gedempte trilling' besproken.

BIJ BLOK 5

T4

Nagegaan wordt door welke maatregelen bestrijding van geluidshinder tot een duurzame ontwikkeling kan leiden.

De (frequentie-onafhankelijke) eenheid voor geluidssterkte dB(A) wordt geïntroduceerd.

De juiste wijze van optellen van geluidssterkten en de relatie tussen geluidssterkte en afstand worden besproken.

Na enige hoofdzaken uit de wetgeving wordt de toepassing van geluiddempende materialen en geluidschermen besproken. Het werk van een geluidstechnicus wordt kort uiteengezet (akoestiek-beheersing).

BIJ BLOK 5

T5

Het verschil in timbre tussen muziekinstrumenten wordt toegelicht (deels in een leestekst). De werking van snaar-, blaas- en slaginstrumenten wordt besproken. Het begrip resonantie en invloeden op de klankkleur (de kundigheid van de instrumenten-bouwer!) worden nader besproken, alsmede de twee wijzen waarop je bij een snaarinstrument de toon kunt verhogen. De frequentie-karakteristieken van afzonderlijke luidsprekers en een luidsprekerkast (combinatie van verschillende soorten luidsprekers) besluiten de leerstof.

BIJ BLOK 5

H1

Hierin staat de vraag "Hoe ontstaat geluid, en hoe plant het zich voort?" centraal. Na enige herhaling van de theorie moeten tien vragen worden beantwoord.

BIJ BLOK 5

H2

Hierin komen de vragen "Wat is precies een trilling? Welke invloeden hebben amplitude, trillingstijd en frequentie?" nogmaals ter sprake, alsmede het (u, t) -diagram en de gedempte trilling. Er moeten elf vragen worden beantwoord.

BIJ BLOK 5

H3

Hierin komen de begrippen klankkleur, resonantie, frequentie-karakteristiek en frequentiebereik nogmaals ter sprake. Er moeten negen vragen worden beantwoord.

BIJ BLOK 5

H4

Hierin komen de invloeden van geluid op het milieu ('geluidsoverlast') aan de orde. Na enige theorieherhaling moeten acht vragen worden beantwoord.

BIJ BLOK 5

E1

Dit blad gaat nader in op de voortplanting van geluid (voortplanting van verdichtingen en verdunningen). Verder wordt het doppler-effect bij geluid en licht besproken, zowel bij een bewegende bron als bij een bewegende waarnemer. Er moeten negen vragen worden beantwoord.

BIJ BLOK 5

E2

In dit blad met practicum wordt de werking van de luidspreker nader onderzocht door proefjes met een magneet (opgehangen aan een slappe veer) en een stroomspoel rond de magneet. Ten slotte wordt zelf een eenvoudige luidspreker gebouwd.

Er moeten vier vragen worden beantwoord.

Benodigd materiaal:

- spoel van 600 windingen
- druschakelaar
- gelijkstroommeter
- staafmagneet (liefst rond i.v.m. te wikkelen spoel)
- slappe veer
- spanningsbron met gelijk- en wisselspanning

Voor het maken van de eenvoudige luidspreker:

- stuk karton om conus en koker voor de spoel te maken
- 5 m dun koperdraad, diameter 0,2 mm, voor de spoel
- korte magneet (liefst rond) die in de koker past.

BIJ BLOK 5

E3

Hierin maken de leerlingen een geluidskaart van (een bepaald deel) van de school-omgeving. Deze proef kan klassikaal worden uitgevoerd door groepjes van twee tot drie leerlingen.

Door gezamenlijk onderzoek wordt onderzocht of de school in een omgeving ligt met geluidshinder.

Benodigd materiaal:

- plattegronden van de school-omgeving (voor elk groepje leerlingen één), waarop diverse door leerlingen te onderzoeken waarnemingsgebieden zijn aangegeven
- kopie van de geluidsliniaal voor elk groepje leerlingen (figuur 96 op blz. 196 van het leerboek)
- papier en schrijfgerei om aantekeningen te maken
- een decibelmeter per groepje leerlingen zou mooi zijn, maar is niet persé noodzakelijk

BIJ BLOK 5

E4

Zes uitgebreide vragen over geluid.

ANTWOORDEN BLOK 5

P1

- 1 De volgorde van de geluiden op het cassettebandje:
 - a *fietsbel* (toonhoogte en klank);
 - b *scheepstoeter* (lage toon en geluidsvolume);
 - c *drilboor* (klankvolume en toonhoogte);
 - d *popgroep* (klankvolume, verschillende tonen en melodie);
 - e *branding* (regelmatig geruis en klank)
 - f *verkeer* (klank en toonhoogten);
 - g *blatend schaap* (klank en toonhoogte);
 - h *vliegtuig* (hoge fluittoon en klankvolume);
 - i *tikkende wekker* (klank en opeenvolging van de geluiden);
 - j *blaffende hond* (klank en duur van de geluiden);
 - k *klas met pratende leerlingen* (aard van de geluiden en klankvolume);
 - l *ruizende bladeren* (klank, onregelmatigheden in de geluiden);
 - m *kettingzaag* (klank, volume en toonhoogte);
 - n *kraaiende haan* (klank, duur van de geluiden);
 - o *cirkelzaag* (klank, volume en lichte wisseling toonhoogte);
 - p *onweer* (klank, volume en toonhoogten).
- 3 De bedoeling is dat de leerlingen - op grond van hun antwoorden bij de vragen 1 en 2 - zelf tot de conclusie komen dat geluid wordt gekenmerkt door drie algemene eigenschappen: geluidsstrekte, toonhoogte en klankkleur (timbre).
- 4 a Een functie hebben de geluiden a, b, d, g, j, en n.
 b Geluidsfuncties zijn:
 - waarschuwing voor gevaar (a, b en j);
 - vorm van amusement (d);
 - vorm van communicatie (g, j en n);
- 5 a 'Natuurlijke' geluiden zijn: e, g, j, l, n en p.
 'Onnatuurlijke geluiden' zijn: a, b, c, d, f, h, i, k, m en o.
 b Als het geluid hard is en onaangenaam om te horen.
 c Stress bij dieren, verstoring van het biologisch evenwicht en mogelijk uitsterven/verdwijnen van de soort.
 d Veroorzaakt stress, hoofdpijn, misselijkheid, hoge bloeddruk en mogelijk gehoorbeschadiging.

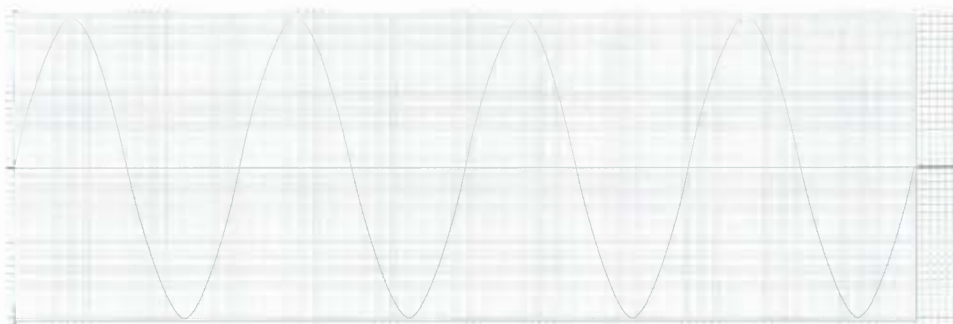
ANTWOORDEN BLOK 5

P2

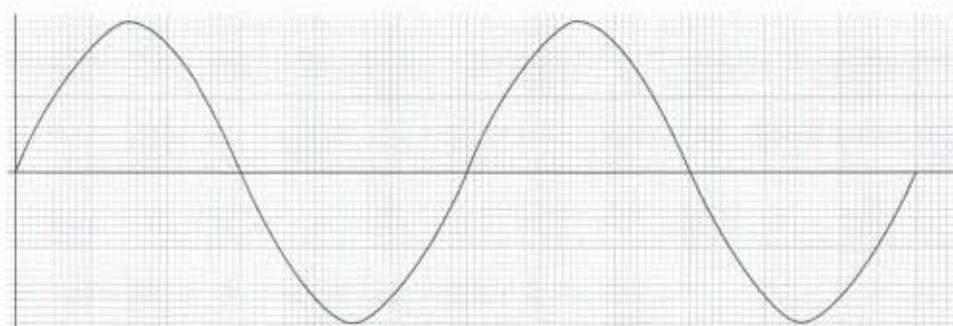
- 1 a Je voelt het trillen van je stembanden.
 b Doordat de stalen ringetjes tegen de binnenkant van de bel geslingerd worden.
 c Het balletje wordt weggeslagen, zodra het een been van de trillende stemvork raakt.
- 2 a Je hoort een steeds harder wordend regelmatig dof geluid (of misschien een heel lage bromtoon).
 b Je ziet de conus met steeds grotere uitslag bewegen met dezelfde regelmaat als het geluid.
 c De bewegingen van de conus worden nu steeds sneller.
- 3 a Het uiteinde van de liniaal beweegt snel heen en weer en neemt een waaivorm aan.
 b Je hoort een toon.
 c Als de liniaal méér over de tafelrand steekt, wordt de toon steeds lager.
 Als de liniaal minder over de tafelrand steekt, wordt de toon steeds hoger.
- 4 a Als er iets trilt (regelmatig beweegt).
 b Van de grootte van de uitwijking van het trillende voorwerp.
 c Van het aantal trillingen per seconde dat het voorwerp maakt.
- 5 a De kaarsvlam trilt met dezelfde frequentie als de toon uit de luidspreker.
 b Het geluid van de bel sterft langzaam weg.
 c Het geluid keert terug, als er lucht in de stolp loopt.
 d Dat de bel lucht in trilling kan brengen.
 e Ja, heel duidelijk.
 f Je hoort de ander onduidelijk praten.
 g Nu is het geluid heel duidelijk hoorbaar.
 h Via het gespannen touw.
 i Het geluid plant zich voort door een gas (lucht) of een andere tussenstof.
- 7 a De *oorschelp* dient om het geluid op te vangen. De *gehoorgang* dient om de trillende lucht te geleiden naar het *trommelvlies*, dat de trillingen (via, via) uiteindelijk naar de gehoorzenuw overbrengt.

P3

- 1 **a** De slingertijd (= helft van de trillingstijd!) is ca. 1 seconde.
b Zie figuur.



- c** Op het papier ontstaat een sinusoïde.
d De trillingstijd is de tijd die verlopen is gedurende één berg en één dal.
e Zie figuur.



- f** De figuur stelt voor hoe de uitwijking van het bekertje verandert met de tijd.
- 2 **a** Er ontstaat een golflijntje.
b Het lijntje heeft dezelfde vorm als de lijn bij het slingerende bekertje.
c Dan ontstaan er méér golfjes op het papier over dezelfde afstand.
d De verandering van de uitwijking van het trillende been van de stemvork met de tijd.
- 3 **a** Zie de figuur bij vraag 1b.
b Er ontstaat dezelfde golflijn, een sinusoïde.
c De uitwijking wordt steeds kleiner. (Zie leerboek blz. 166 figuur 27; het diagram van een gedempte trilling).
e Als de andere stemvork een lagere toon heeft dan de eerste ontstaan er *minder* bergen en dalen op het scherm, bij een hogere toon juist *méér*.
- 4 **a** De figuur zal vergelijkbaar zijn met figuur 20 grafiek b (rechtsonder) op blz. 163 van het leerboek.
- b** De uitwijking is nu niet meer constant, maar het patroon herhaalt zich wél in de tijd (het is een samengestelde toon).
c Zie leerboek blz. 164, figuur 21 (bovenste figuur).
d De grafieken zijn géén regelmatige golflijnen meer; de uitwijking verandert, maar de figuren herhalen zich wél in de tijd.
- 5 **a** Op het scherm ontstaat nu een verticaal lijntje.
b Het verticale lijntje verbreedt zich nu tot een regelmatige golflijn, een sinusoïde.
c De 'tijd per hokje'-knop zorgt ervoor dat de elektronenstraal van de oscilloscoop met een bepaalde constante snelheid van links naar rechts over het scherm beweegt. Dit is dus vergelijkbaar met de transportsnelheid van het papier onder het slingerende bekertje uit proef 1b en 1e van P3.
e Eén berg en één dal komen overeen met een volledige trilling van de stemvork.
f Op de symmetrielijs van de trilling het aantal hokjes tellen per volledige trilling en dat aantal vermenigvuldigen met de ingestelde 'tijd per hokje' op de scoop.
g Van de ingestelde lage toon op de toongenerator.

ANTWOORDEN BLOK 5

P4

- 2 **b** De gemeten geluidssterkte is géén 100 dB, maar slechts weinig meer dan 50 dB.
- 4 **c** De zachtboard plafondtegels met de gaatjeskant naar de luidspreker.
e De geluidsisolatie is (bij hetzelfde materiaal) evenredig met de dikte van het materiaal.
g – Je kunt het geluidsvolume van de bron verminderen.
– Je kunt de wanden met geluidsisolerend materiaal bekleden: meer geluidsabsorptie, minder terugkaatsing.
– De ontvanger kan zijn oren afdekken met oorbeschermers (zie leerboek blz. 171, figuur 43).
h Het verstandigst is natuurlijk om het geluid van de bron te verminderen, want die is de oorzaak van de geluidshinder.

ANTWOORDEN BLOK 5

P5

- 1 **a** – gitaar: de *gitaarsnaar* (bij een akoestische gitaar wordt die trilling overgebracht op de klankkast, die de lucht daarin weer in trilling brengt);
– trommel: het *trommelvel*;
– blokfluit: de *lucht in de blokfluit*;
– viool: de *violsnaar*, die de trillingen via de kam overbrengt op de klankkast, die de lucht weer in trilling brengt;
– piccolo: de *lucht in de piccolo*;
– tamboerijn: het *trommelvel* en de tegen elkaar slaande *metalen schijfjes*;
– mondharmonica: de *metalen tongetjes* waar de lucht tussendoor geblazen wordt;
– accordeon: als bij mondharmonica, alleen komt de lucht nu uit de *balg*;
– piano: de *snaren* (vaak twee of drie per toon), die hun trilling weer overbrengen op het klankbord, dat de lucht weer in trilling brengt;
– kerkorgel: de *lucht in de orgelpijpen*;
– cello: zie de viool;
– klarinet: de *lucht in de klarinet*, die in trilling wordt gebracht door het platte riet waar de lucht wordt langsgeblazen;
– conga's: de *kogeltjes* waarmee de conga's gevuld zijn;
– saxofoon: zie klarinet;
– contrabas: zie viool;
– triangel: het *driehoekige metalen staafje*.
b Snaarinstrumenten, blaasinstrumenten en slaginstrumenten.
c Zonder klankkast is de toon veel zachter en sterft veel eerder uit.
- d** De toon is weer vergelijkbaar met die van de stemvork + klankkast. De stemvork brengt de ruit in trilling, die door zijn grote oppervlakte weer veel lucht in trilling brengt.
e Bij akoestische instrumenten worden de trillingen overgebracht op een klankkast of klankbord, die de trillingen weer aan de lucht overdragen. Bij een elektrische gitaar of piano is achter elke snaar een geluidsonnemer gemonteerd, die de mechanische trilling omzet in een elektrische trilling. Deze trilling wordt via een versterker aan een luidspreker toegevoerd.
f De menselijke stem: hierbij trillen de *stembanden*, die de lucht in de keel- en mondholte in resonantie brengen.
- 2 **a** De toon is nu hoger.
b Hoe meer water in het flesje, hoe korter de trillende luchtkolom en hoe hoger de toon wordt.
c Instrumenten die lage tonen voortbrengen hebben een veel grotere klankkast (drum met grote ketel, lange brede orgelpijpen, contrabas véél groter dan viool).
d Door de afstand tussen mondstuk en het eerste open gat te veranderen: hoe korter deze afstand is, hoe hoger de toon.
- 3 **a** Een meer gespannen elastiekje brengt een hogere toon voort.
b Hoe korter het stukje trillend elastiek, hoe hoger de toon.
c Een dikker stuk elastiek geeft - bij dezelfde spanning en lengte - een lagere toon.
d De snaren voor de lagere tonen zijn steeds dikker.
e – door op een snaar van andere dikte te spelen;
– door de lengte van het trillende stuk snaar te veranderen (bij een gitaar gebeurt dit door de snaar over een ribbe - zie P-boek figuur 27 op blz. 79 - af te klemmen).

ANTWOORDEN BLOK 5

W1

- 1
 - Holle vaten klinken het hardst. (Domme mensen hebben de grootste mond.)
 - Dat klinkt als muziek in mijn oren. (Dat is fijn om te horen.)
 - Dat klinkt als een klok. (Dat is een kernachtig gezegde.)
 - Hij moet een toontje lager zingen. (Hij moet een wat minder grote mond opzetten.)
 - Vogeltjes die te vroeg zingen zijn voor de poes. (Wie voor zijn beurt spreekt, vindt geen gehoor.)
 - Zoals de ouden zongen, piepen de jongen. (Kinderen praten vaak hun ouders na.)
 - Hij speelt altijd graag de eerste viool. (Hij is altijd graag 'haantje de voorste', wil graag de baas spelen.)
 - enzovoorts.
- 2
 - door het maken van gebaren met de handen, de ogen, de mimiek van het gezicht of de houding van het lichaam;
 - door afgesproken geluidscodes hoorbaar te maken (tamtam);
 - door te zingen of een instrument te bespelen: overbrengen van gevoelens.
- 3
 - a** Aan de frequentie, de geluidsterkte en de klankkleur (= timbre).
 - b** Grootheid: frequentie; eenheid: Herz (Hz).
Grootheid: geluidsterkte; eenheid: decibel (dB).
- 4 Geen functie hebben: de hoefslag van een paard (gevolg van het draven); de wiekslag van een vogel (gevolg van het vliegen); het trippelen van een muis (gevolg van het lopen); enz.
- 5
 - a** Het optreden van stress, van hoofdpijn, misselijkheid en nervositeit. In ernstige gevallen: verstoring van het biologisch evenwicht; een dier vertrekt blijvend uit zijn biotoop (natuurlijke omgeving) en kan zelfs daardoor uitsterven.
 - b** Door motorvoertuigen te weren, draagbare radio's te verbieden, dus stiltegebieden te scheppen.
- 6
 - a** Mensen die in de auto of in de trein keihard hun radio of walkman aan hebben staan, regelmatige burenruzies, politie- of ziekenwagens met loeiende sirenes, enz.
 - b** Door met de betreffende personen/instanties te gaan praten of het niet wat minder kan.
 - c** Zorgen dat je niet onnodig (of op uren waarop mensen uitslapen) lawaai produceert, de kapotte uitlaat van een auto of brommer snel laten repareren, enz.

ANTWOORDEN BLOK 5

W2

- 1
 - a** Alle geluidsbronnen produceren min of meer regelmatige trillingen.
 - b** In een luidspreker wordt elektrische trillingsenergie omgezet in mechanische trillingsenergie (geluid).
- 2
 - a** Eén trilling is één volledige heen en weer gaande beweging; na één trilling is het trillende voorwerp weer op dezelfde plaats en beweegt in dezelfde richting als bij het begin van die trilling.
 - b** Zie leerboek pag. 158 figuur 10 (liniaal tekenen in diverse tussenstanden van deze figuur).
 - c** De trillingstijd is de tijd die nodig is voor één volledige trilling.
 - d** De frequentie is het aantal trillingen per seconde.
- 3
 - a** $f = 12\,000/3,00 = 4000 \text{ Hz}$
 - b** $T = 1/f = 1/4000 \text{ s} = 0,000\,25 \text{ s} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
- 4 $f = 440 \text{ Hz} \rightarrow T = 1/f = 1/440 = 0,0023 \text{ s} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
- 5
 - a** Een tussenstof die de trillingen overbrengt van de bron naar de ontvanger. (Een medium kan zowel gasvormig, vloeibaar als vast zijn.)
 - b** Uit de tabel blijkt dat de voortplantingssnelheid (meestal) het grootst is in vaste stoffen, kleiner in vloeistoffen en het kleinst in gassen. Voor een verklaring: zie de leestekst 'geluidssnelheid en fase' op blz. 159 van het leerboek.
- 6 Er is geen medium meer dat het geluid naar je oren overbrengt. (Soms hoor je nog een zwak geluid, dat zich via de ophangdraadjes van de bel tot buiten de stomp voortplant.)
- 7
 - a** Nee, op het maanoppervlak is geen gas aanwezig dat als medium kan dienen. Bovendien kan het menselijk lichaam niet overleven bij zo'n kleine gasdruk.
 - b** In de ruimte tussen planeten bevindt zich (nagenoeg) geen medium waardoor zich geluid zou kunnen voortplanten.
- 8
 - a** Bij 20°C is de geluidssnelheid $v = 343 \text{ m/s}$;
 $s = v \cdot t = 343 \times 10 \text{ m} = (\text{ongeveer}) 3400 \text{ m} = 3,4 \text{ km}$.
 - b** Nee, de lichtsnelheid is zo veel groter dan de geluidssnelheid dat de tijd die het licht nodig heeft t.o.v. die voor het geluid te verwaarlozen is.
- 9 In die 1,5 s heeft het geluid die 255 m heen en terug afgelegd, dus $2 \times 255 = 510 \text{ m}$.
Dus $v = s/t = 510/1,5 = 340 \text{ m/s}$.

10 Als de snelheid van het vliegtuig even groot is als de geluidssnelheid. Dus $v_{\text{vliegtuig}} = 340 \text{ m/s} = 3600 \times 340 = 1\,224\,000 \text{ m/u} = 1224 \text{ km/u}$.

11 a Annemiek heeft gelijk.

b Als elke frequentie een andere voortplantings-snelheid had zou muziek niet om aan te horen zijn: gelijktijdig gemaakte tonen zouden op verschillende ogenblikken je oor bereiken.

12 a Een gezond menselijk oor kan frequenties horen tussen ca 20 en 20 000 Hz.

b De frequenties in ons spraakgebied: ca. 600 tot 6000 Hz (zie audiogram in leerboek blz. 160 figuur 14).

13 Het slechtst hoort hij frequenties beneden ca. 40 Hz en boven ca. 5000 Hz.

14 a Je zou met de toongenerator tonen van allerlei verschillende frequenties door de koptelefoon kunnen laten horen en kunnen bepalen bij welk aantal dB de onderzochte persoon die toon nèt niet meer hoort. Hiervan kun je een grafiek maken.
b Omdat ons oor niet voor alle frequenties even gevoelig is. Er zou voor dat verschil gecorrigeerd moeten worden. (De geluidsterkten zouden in dB(A) moeten worden vastgelegd.)

ANTWOORDEN BLOK 5

W3

- a** Eén volledige trilling in figuur 28 beslaat 3 hokjes; de 'tijd per hokje' is 0,005 s, dus $T = 3 \times 0,005 = 0,015 \text{ s}$.
b $f = 1/T = 1/0,015 = (\text{afgerond}) 67 \text{ Hz}$.
- De grootste frequentie heeft de toon met de kortste trillingstijd ($f = 1/T$ is dan het grootst). (De 'tijd per hokje' is voor beide grafieken gelijk.)
- a** Beide oscilloscoopbeelden vertonen een periodieke (d.w.z. zich steeds herhalende) trilling.
b Bij de stemvork ontstaat een sinusoïde (steeds even grote amplitude). Bij de blokfluit varieert de amplitude (zoals in figuur 20 grafiek b blz. 163 van het leerboek).

4 a De bron van grafiek b (T bestaat daar drie hokjes, bij grafiek a vier hokjes; T_b is dus het kleinst, dus f_b het grootst).

b Ook de toon van grafiek b, want daar is de amplitude het grootst.

5 a Zie grafiek onderaan deze pagina.

b $A = 1,0 \text{ mm}$

c $T = 22,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

d $f = 1/T = 1/22,5 \cdot 10^{-3} = (\text{afgerond}) 44 \text{ Hz}$

6 a $A = 2,0 \text{ cm}$

b $T = 8,0 \text{ ms}$

c $f = 1/T = 1/8,0 \cdot 10^{-3} = 125 \text{ Hz}$

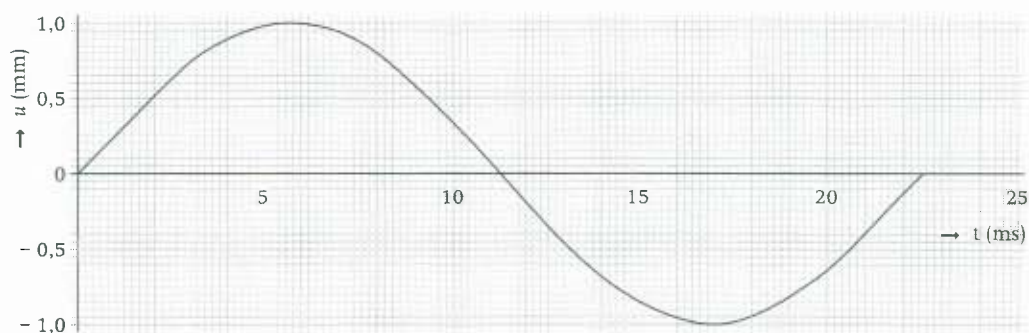
7 a Zie figuur 27 blz. 166 leerboek.

b De amplitude wordt geleidelijk kleiner.

ANTWOORDEN BLOK 5

W4

- a** Omdat de trilling zich daar nog niet in allerlei richtingen heeft voortgeplant.
b Maatregelen bij de bron:
– Het volume van de bron verminderen.
– De bron opstellen op geluidsisolerend materiaal, zodat hij geen trillingen doorgeeft aan de ondergrond (geen contactgeluid).
Maatregelen bij de ontvanger:
– De wanden bij de ontvanger bekleden met geluidsisolerend materiaal.
– Oorbeschermers opzetten.
- a** 1 Zoveel mogelijk vliegtuigen gebruiken met geruisarme motoren.
2 Landingsbanen zó situeren dat het vliegen boven dichtbewoonde gebieden zoveel mogelijk wordt vermeden.
3 Vertrek en aankomst van vliegtuigen zoveel mogelijk buiten de uren houden waarin de nachtrust valt.
4 Geluidsschermen aanbrengen die verspreiding van het lawaai richting woonwijken zoveel mogelijk tegengaan.
b Maatregelen 1, 2 en 3 kunnen wél tot een duurzame ontwikkeling leiden, want zij zijn rechtstreeks op de bron gericht. Maatregel 4 niet.



- 3** Ons oor is niet voor alle frequenties even gevoelig. Geluidssterkten in dB zijn voor deze factor *niet* gecorrigeerd, geluidssterkten in dB(A) *wèl*.
- 4** **a** Overdag hoeft men minder rekening te houden met slapenden.
b Het stadscentrum trekt nu eenmaal het meeste verkeer aan (transport van goederen en mensen). Het stadscentrum heeft dus ook een groter economisch belang voor de stad. Daarom moet men in de binnenstad wel een hogere norm aanleggen.
- 5** **a** Omdat er niet bij staat op welke afstand van de bron die geluidssterkte gemeten moet worden.
b Bijvoorbeeld: op 1 m afstand van de uitlaat, op een moment dat er geen andere geluidsbronnen in de buurt door de decibelmeter worden geregistreerd.
- 6** Door het geluid te absorberen (b.v. door beplanting) of door het geluid terug te kaatsen in een richting waarin minder hinder wordt veroorzaakt.
- 7** Audioloog; keel-, neus- en oorarts; geluidstechnicus; musicus; architect die gespecialiseerd is in akoestiek van schouwburgen en concertzalen; bouwer van muziekinstrumenten, enz.

ANTWOORDEN BLOK 5

W5

- 1** **a** – de menselijke stem;
 – snaarinstrumenten;
 – blaasinstrumenten;
 – slaginstrumenten.
b Bij akoestische instrumenten worden de trillingen overgebracht op een klankkast (strijk- en tokkelinstrumenten) of klankbord (piano, citer, celesta), die de trillingen weer aan de lucht overdragen.
c Instrumenten die veel lage tonen versterken, hebben een klankkast met grote afmetingen (zie boek blz.177 figuur 55).
- 2** **a** Een voorwerp vertoont resonantie als het een zodanige vorm en afmetingen heeft, dat het bepaalde tonen van een bron kan versterken. Het voorwerp gaat dan meetrillen met een bepaalde frequentie. (Zo'n frequentie noem je dan een 'eigen-frequentie' van dat trillende voorwerp.
b Klankkleur wordt veroorzaakt door het meetrillen van 'boventonen' van een bepaalde 'grondtoon'. Frequenties van boventonen zijn een veelvoud (2×, 3× enz.) van de frequentie van de grondtoon.

Resonantie treedt op als de eigen-frequenties van het voorwerp passen bij de frequenties van grondtoon en boventonen van de bron. Hoe meer resonantiemogelijkheden, des te meer klankkleur bezit de versterkte toon.

- 3** **a** Hoe langer en dikker de snaar, hoe lager de grondtoon ervan. De contrabas zal dus de laagste tonen voortbrengen.
b De viool: produceert de hoogste tonen van de instrumenten uit figuur 55.
- 4** **a** – door de snaar strakker te spannen;
 – door de lengte van de trillende snaar te verkorten.
b door de snaarspanning te veranderen.
- 5** De tonen van een toongenerator zijn steeds eenvoudige tonen. Muziekinstrumenten brengen steeds samengestelde tonen voort (die dus grondtoon en boventonen bevatten).
- 6** Nee, dat kan alleen een zeer goed geoefende stem, die voldoende krachtige boventonen kan voortbrengen die resoneren met de eigen-frequentie van het glas (een hoge toon).
 Van de tenor Caruso en de sopraan Callas is bekend dat zij dat konden.
- 7** – De Tacoma-bridge in de staat New York is ingestort, omdat de brug ging resoneren met de wind die door het dal blies.
 – Als verkeer met draaiende motor stilstaat op een brugdek kan dit resonantie van het brugdek veroorzaken.
 – Een grote colonne mag nooit 'in de pas' over een brug marcheren vanwege gevaar voor resonantie en instorten van de brug.
 – Als er een zware vrachtauto door de straat rijdt, kunnen de (grote) ruiten in je huis gaan meetrillen door resonantie.
- 8** Om het geluid voor ons oor hoorbaar te maken moet het trommelvlies (en ook bepaalde organen in het z.g. 'slakkehuis' in het binnenoor door resonantie gaan meetrillen.
- 9** **a** Beneden 50 Hz en boven 20 000 Hz.
b De bovengrens van het frequentiebereik van de luidsprekerkast valt samen met de bovengrens van het frequentiebereik van het menselijk oor.
- 10** Een middentonen-luidspreker: hij geeft het beste tonen weer tussen ca. 400 en 6000 Hz: het spraakgebied dus. Dat zijn géén zeer lage of zeer hoge tonen.

ANTWOORDEN BLOK 5

H1

- Door trillingen, die zich via een medium naar ons oor kunnen voortplanten.
- De beweging van de zuigers in de cilinders van de motor.
 - De trillingen van de luidsprekerconus.
 - De trillingen van de snaren, die door de klankkast (of de geluidsonnemers + geluidsinstallatie) worden versterkt.
 - De klepel die tegen de bel slaat, die daardoor in trilling komt.
- Het zijn beide geluidsontvangers.
 - Bij het oor blijven de trillingen mechanisch. In een microfoon worden mechanische trillingen omgezet in elektrische trillingen.
- De trillingen worden via een medium (gas, vloeistof of vaste stof) doorgegeven.
- De geluidssnelheid in lucht van 20 °C is 343 m/s.
 - $v = 343 \text{ m/s}$; $t = 12 \text{ s}$; $s = v \cdot t = 343 \times 12 = 4116 \text{ m} = 4,1 \text{ km}$
- $v = 343 \text{ m/s}$; $t = 3,0 \text{ s}$; $s = v \cdot t = 343 \times 3,0 = 1029 \text{ m} = 1,03 \text{ km}$.
- $v = s/t = 3,7/2,5 = 1,48 \text{ km/s}$.
 - Volgens de tabel van figuur 60 moet de zeewater-temperatuur 20 °C zijn.
 - $t = s/v = 3700/343 \text{ s} = 10,8 \text{ s}$.
- De tijd meten tussen het uitzenden van een geluid en het horen van de echo. In die tijd is het geluid heen en terug gegaan. Met $s = v \cdot t$ bereken je de afgelegde weg; de helft hiervan is de diepte van de put.
 - $s = v \cdot t = 343 \times 0,5 \text{ m} = 171,5 \text{ m}$; diepte put = $171,5/2 = (\text{afgerond}) 86 \text{ m}$.
- Het geluid moet dan $2 \times 510 = 1020 \text{ m}$ afleggen. Dat duurt dus $1020/343 = 2,97 \text{ s}$.
- De voortplantingstijd in water t_w is 5,8 s korter dan die in lucht (t_l). Dus geldt: $t_w = t_l - 5,8$
 $s_w = s_l = 2,5 \cdot 10^3 \text{ m}$. Met $s = v \cdot t$ geldt voor de lucht:
 $s_l = v_l \cdot t_l$ of: $2,5 \cdot 10^3 = 330 \cdot t_l \rightarrow t_l = 2,5 \cdot 10^3/330 \text{ s} = 7,58 \text{ s}$.
 Met $s = v \cdot t$ geldt voor het water:
 $s_w = v_w \cdot t_w = v_w \cdot (t_l - 5,8)$
 ofwel: $2,5 \cdot 10^3 = v_w \cdot (7,58 - 5,8) \rightarrow$
 $v_w = 2,5 \cdot 10^3/(7,58 - 5,8)$
 dus $v_w = 2,5 \cdot 10^3/1,78 \rightarrow v_w = 1404 \text{ m/s} = 1,40 \text{ km/s}$

ANTWOORDEN BLOK 5

H2

- Bij grafiek a geldt $A_a = 3$ hokjes en bij grafiek b: $A_b = 0,7$ hokjes.
 - Die van grafiek a.
- Na 0,6 s is de veer wéér in de evenwichtsstand, dus na $1/2T$. De uitwijking is maximaal na $1/4T$, dus na 0,3 s; de amplitude is de uitwijking op $t = 0,3 \text{ s}$: dus 0,8 cm.
- Eén volledige trilling beslaat 7 hokjes, dus $T = 7 \times 5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 35 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ of 35 ms.
- In figuur 66 beslaan drie volledige trillingen 13 hokjes, dus één trilling beslaat $13/3 = 4,33$ hokjes. Eén hokje is $1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$, dus $T = 4,33 \times 1 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 4,33 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 4,33 \text{ ms}$.
- $T = 0,05 \text{ s}$, dus: $f = 1/T = 1/0,05 = 20 \text{ Hz}$.
- $f = 12/3 \text{ Hz} = 4 \text{ Hz}$
- De frequentie is het aantal trillingen per seconde, dus 200.
 - $T = 1/f = 1/200 \text{ s} = 0,005 \text{ s} = 5 \text{ ms}$.
- Eén volledige trilling beslaat 3 hokjes; één hokje is 10 ms, dus $T = 3 \times 10 \text{ ms} = 30 \text{ ms}$.
 - $f = 1/T = 1/(30 \cdot 10^{-3}) = \text{afgerond } 33 \text{ Hz}$.
- $2\frac{1}{2}$ trilling beslaan 12 hokjes, dus één trilling beslaat $12/2\frac{1}{2} = 4,8$ hokjes. $T = 1,2 \text{ ms}$, dus de 'tijd per hokje' is $1,2/4,8 \text{ ms} = 0,25 \text{ ms}$.
 - $f = 1/T = 1/(1,2 \cdot 10^{-3}) = \text{afgerond } 833 \text{ Hz}$.
- Let op: de horizontale rode lijn is in figuur 72 *niet* de lijn waarop de uitwijking nul is! De rode lijn ligt niet symmetrisch t.o.v. de maximale uitwijkingen.
 - De afstand tussen de grootste uitwijking omhoog en de grootste uitwijking omlaag beslaat 8 hokjes = $8 \times 1 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$; de amplitude beslaat dus 4 hokjes, dus $A = 4 \times 1 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$.
 - De rode horizontale lijn ligt symmetrisch als deze in figuur 72 een half hokje lager getekend wordt. Dan blijkt: één volledige trilling beslaat 7 hokjes; 'tijd per hokje' is 50 ms dus $T = 7 \times 50 \text{ ms} = 350 \text{ ms} \rightarrow T = 0,35 \text{ s}$.
 - $f = 1/T = 1/0,35 = 2,86 \text{ Hz} = (\text{afgerond}) 2,9 \text{ Hz}$
 - $400 \text{ ms} = 400/50$ (horizontale) hokjes is 8 hokjes. Na 8 hokjes is de uitwijking (t.o.v. de horizontale symmetrielijns (zie b)) $16/5 = 3,2$ verticale hokjes, dus $u = 3,2 \times 1 \text{ cm} = 3,2 \text{ cm}$.

11 a In figuur 73 is de 'uitwijking per hokje' (verticaal) 0,5 cm, de 'tijd per hokje' 10 ms; zelf invullen in het leerboek s.v.p.

a De trillingstijd verandert niet: elke trilling blijft horizontaal gemeten steeds 2 hokjes beslaan.

b De 'tijd per hokje' is 10 ms. Eén trilling beslaat 2 hokjes, dus $T = 2 \times 10 = 20$ ms.

c $f = 1/T = 1/(20 \cdot 10^{-3}) = 50$ Hz.

d Omdat de meeste trillingsbronnen maar éénmalig in trilling worden gebracht. Daarom zullen die trillingsbronnen door wrijving een steeds kleinere amplitude krijgen. Er ontstaat dus een gedempte trilling.

ANTWOORDEN BLOK 5

H3

- 1** Het sigarenkistje resoneert niet zo goed met de grond- en boventonen van de snaar als de klankkast van een gitaar. De toon klinkt dus heel anders (minder mooi).
- 2** De auto kan in trilling raken door het rijden over een steenweg of door de motor. Als die trilling een eigen-frequentie is van het asbakje, gaat het door resonantie mee trillen.
- 3** Als de klankkast van een instrument door resonantie zowel de grondtoon als de boventonen ervan kan versterken zal een samengestelde toon (dus een toon met een mooi timbre) hoorbaar worden.
- 4** De frequentiekenarakteristiek van een luidspreker toont tot welke geluidsterkte [in dB of dB(A)] de tonen van de diverse frequenties worden versterkt. Je kunt in een frequentiekenarakteristiek dus zien of de tonen in een bepaald frequentiegebied ongeveer in gelijke mate versterkt worden.
- 5** Omdat de tonen tussen ca. 100 en 5000 Hz (het middentonen-gebied) in ongeveer gelijke mate worden versterkt.
- 6** Omdat het menselijk gehoor die tonen toch niet kan horen.
- 7 a** Dat betekent dat tonen in die frequentiegebieden niet voldoende versterkt worden (in figuur 76: beneden 50 Hz en boven 20 000 Hz).
b Omdat de luidsprekers (in combinatie met de luidsprekerkast) bij deze frequenties blijkbaar geen resonantie kunnen vertonen.
- 8** Uit de grafieken c en a in figuur 77 blijkt dat oudere mensen de tonen tussen 200 en 10 000 Hz pas bij een veel grotere geluidsterkte kunnen horen.

9 a Tonen beneden ca. 400 Hz en boven ca. 2000 Hz hoort hij slecht.

b Door het langdurig aanhoren van muziek met een veel te grote geluidsterkte.

ANTWOORDEN BLOK 5

H4

- 1** – Als de natuur niet verstoord wordt, kunnen we in de natuur tot rust komen na het voortdurende lawaai van de stad en de vermoeienissen van ons werk.
– Als je b.v. met een walkman op aan het verkeer deelneemt, kun je geen claxon horen, zodat je extra risico's loopt.
– Als we thuis of op het werk voortdurend geluids-overlast ondervinden, gaat dit ten koste van onze gezondheid.
- 2** In een ongestoorde natuur kunnen dieren en planten goed gedijen; die moeten ons ook tot voedsel dienen. Bovendien kunnen we ons ontspannen door van die natuur te genieten.
- 3** – Te veel geluid benadeelt onze gezondheid (hoofdpijnklachten, hoge bloeddruk, stress)
– Te veel geluid kan gehoorbeschadiging veroorzaken
– Te veel geluid verstoort het ecologisch evenwicht in de dierenwereld. De dieren kunnen in lawaai-zones niet leven en kunnen (bij gebrek aan voldoende geschikte leefruimte) soms zelfs uitsterven.
- 4** – Er komen steeds meer mensen. Al die mensen produceren steeds meer geluid. Dat is nadelig voor hun gezondheid en het milieu.
– De toename van vliegverkeer en ander gemotoriseerd verkeer maakt steeds meer gebieden onleefbaar.
– Steeds meer mensen maken steeds meer fabrieken noodzakelijk. Die brengen dus steeds meer schadelijke stoffen (en ook lawaai) in het milieu.
- 5** 'Duurzame ontwikkeling' houdt in dat de oorzaak van problemen wordt bestreden. Voorbeelden hiervan zijn:
– Geluidsoverlast wordt bestreden door geluids-arme motoren te maken.
– Als we energie opwekken met zonne-energie of windenergie, benutten we energiebronnen die niet opraken en geen schadelijke stoffen in het milieu brengen.

- 6 a** – Trillingen bestrijden bij de geluidsbron, b.v. door deze trilvrij op te stellen en contactgeluid te vermijden.
- zorgen dat de tussenstof minder geluid doorgeeft, b.v. muren en plafonds van huizen van goede geluidsisolatie voorzien.
 - motoren ontwerpen die geluidsarm zijn.
 - mensen er toe te bewegen zo min mogelijk geluid te produceren dat storend is voor de omgeving.
 - In huizen dubbele ramen toe te passen, waardoor minder verkeerslawaaï in de huiskamers doordringt (bovendien bespaart dat stookkosten!).
- b** In bovenstaande reeks: het derde en het vierde voorbeeld.
- 7** Door ter plaatse op allerlei uren van het etmaal met een decibelmeter metingen te verrichten; op grond van die resultaten zou via de gemeenteraad gestreefd kunnen worden naar de aanleg van een geluidswal.
- 8** Als mensen dingen doen die ongezond voor hen zijn komt dat meestal:
- door gebrek aan kennis van zaken (ze realiseren zich de gevaren onvoldoende of willen er geen moeite voor doen).
 - door het onvermogen of de onwil om zich te verplaatsen in de situatie van medemensen die daar last van hebben.

ANTWOORDEN BLOK 5

E1

- 1 Eén volledige trilling veroorzaakt één verdichting plus één verdunning. Je oor ontving in 3 seconden 3000 verdichtingen (en óók 3000 verdunningen).
- 2 Het zachte materiaal en de lucht erin zullen de trillings-energie in de verdichtingen en verdunningen absorberen, en dus het geluid dempen.
- 3 Gezien vanuit de bron verspreidt de trillings-energie zich in het medium over een steeds groter gebied. De trillingsenergie per m^3 zal op grotere afstand van de bron dus steeds zwakker worden.
- 4 Een trilling die later worden uitgezonden zal t.o.v. W_2 steeds een constant groter geworden weg moeten afleggen. W_2 zal daardoor een kleiner aantal trillingen per seconde ontvangen, en dus een lagere toon horen.
- 5 Ook een constant lagere toon, net als bij vraag 4. (Dat er kwantitatief wel verschillen zijn tussen de situaties van vraag 4 en 5 valt buiten de stof.)

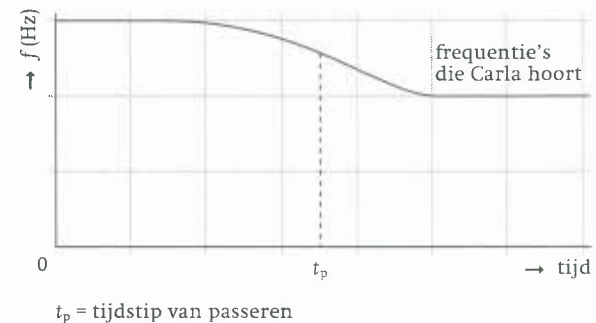
- 6** De waarnemer W bevindt zich nu niet langs de baan die het vliegtuig beschrijft, maar ver ervan-
daan. Daardoor verandert het aantal trillingen per
seconde dat W ontvangt maar langzaam. Het
doppler-effect is dus nauwelijks waarneembaar.

- 7 a** De motor passeerde dicht langs W, want de waar-
genomen frequentie verandert plotseling.

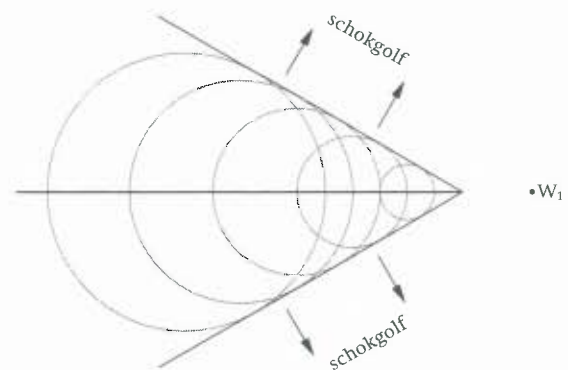
b Zie figuur.



- 8 ab** Zie figuur.



- 9 a** Zie figuur.



- b** De op elkaar volgende golfbergen overlappen
elkaar en versterken elkaar daardoor. Het kegelvor-
mige golfvront (zie figuur) heet daarom een schok-
golf. Wanneer de geluidsgolf W passeert, hoort W
in zeer korte tijd een aantal golfbergen en -dalen
passeren, die hij niet apart van elkaar kan onder-
scheiden. Zijn oor ontvangt in die korte tijd dus
ook veel trillingsenergie. Het gevolg is dat W een
knal waarneemt.

ANTWOORDEN BLOK 5

E2

- a** De stroommeter slaat uit.

b De magneet wordt een stukje verder binnen de spoel getrokken door het constante magneetveld. Als de plus en min worden verwisseld, wordt de magneet juist een stukje uit de spoel geduwd. (Wat je het eerst ziet gebeuren, kan natuurlijk omgedraaid zijn.)
- a** De stroommeter slaat weer uit.

b Verwisseling van de aansluiting van de spanningsbron geeft geen verschil.

c Je voelt de magneet trillen.
- Bij een gelijkspanning van 5 V wordt de magneet veel verder binnen de spoel getrokken dan bij een gelijkspanning van 1 V.
- a** Niets.

b Nu kun je de geluiden op het bandje horen (muziek of spraak).

c Door de spoel loopt een variërende wisselspanning, afkomstig van de cassette recorder. Het kokertje met de spoel en de conus gaan (door de magneet) meetrillen met de variërende wisselspanning. De conus brengt de lucht in trilling. Nu kun je het geluid van het bandje horen.

ANTWOORDEN BLOK 5

E3

De antwoorden op de vragen zullen natuurlijk voor de meeste groepen duidelijk verschillen.

ANTWOORDEN BLOK 5

E4

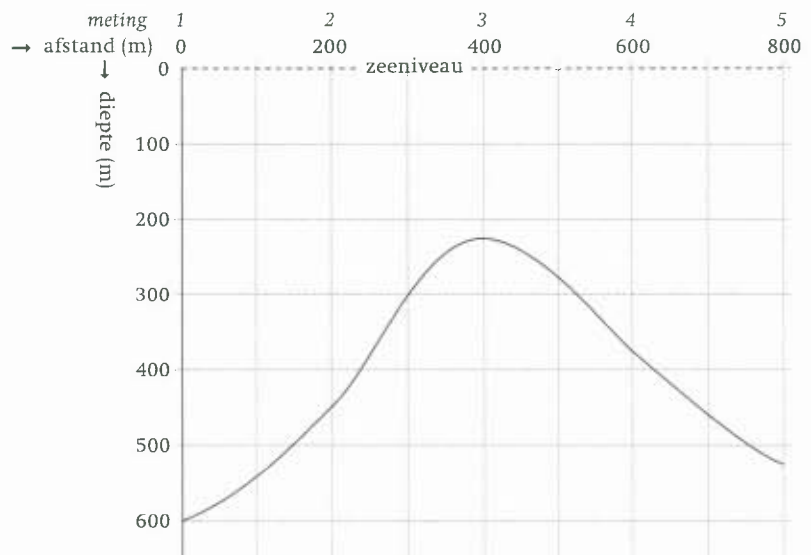
- a** De lucht die door een van de rijen met gaatjes wordt geblazen, doet achter de schijf regelmatige luchtstootjes ontstaan. Die trillende lucht geeft de sirenetoon.

b $600 \text{ omw/min} = 600/60 = 10 \text{ omw/s}$. Er passeren dus per seconde $10 \times 44 = 440$ gaatjes:
 $f_{\text{sirene}} = 440 \text{ Hz}$
- a** $v_{AB} = s_{AB}/t_{AB} = 11\,220/33,0 = 340 \text{ m/s}$
 $v_{BA} = s_{BA}/t_{BA} = 11\,220/34,0 = 330 \text{ m/s}$

b Stel geluidssnelheid in stilstaande lucht v_g en de windsnelheid v_w . Dan geldt:
 $v_{AB} = v_g + v_w = 340 \text{ m/s}$ (1) en $v_{BA} = v_g - v_w = 330 \text{ m/s}$
 (2) Uit 1 + 2 $\rightarrow 2v_g = 670 \text{ m/s} \rightarrow v_g = 335 \text{ m/s}$
c Uit 1 - 2 $\rightarrow 2v_w = 10 \text{ m/s} \rightarrow v_w = 5,0 \text{ m/s}$
- a** 0,20 s.

b Bij 20°C is $v_g = 343 \text{ m/s}$; $s = v \cdot t = 343 \times 0,2 = 68,6 \text{ m}$.
 Dus de afstand tot de bosrand is $1/2 \times 68,6 = 34,3 \text{ m}$.
- a** Afstand s tot de zeebodem $= 1/2 \cdot (\text{afstand die geluid aflegde})$, dus $s = 1/2 \cdot (v_g \cdot t) \rightarrow$
 $s_1 = 1/2(1500 \times 0,8) = 600 \text{ m}$; $s_2 = 450 \text{ m}$;
 $s_3 = 225 \text{ m}$; $s_4 = 375 \text{ m}$ en $s_5 = 525 \text{ m}$.

b Zie figuur.



- 5 **a** $A = 4 \text{ hokjes} \rightarrow A_{\text{spanning}} = 4 \times 1 \text{ V} = 4 \text{ V}.$
b Boven 0 V is de spanning positief; beneden 0 V is de spanning negatief.
c $T = 6 \text{ hokjes} = 6 \times 50 \cdot 10^{-6} = 300 \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ ms}.$
d $f = 1/T = 1/(0,3 \cdot 10^{-3}) = 3333,3 \text{ Hz} = 3,3 \text{ kHz}.$
- 6 **a** De bas brengt de laagste frequenties voort.
bcd Zie figuur.

