

Blok 24 | Geluid



## Inhoudsopgave basisstof

	<b>bladzijde</b>
P 1. Geluidsbronnen	4
P 2. Trillingen	8
P 3. Oscilloscoopbeelden van trillingen	9
P 4. Geluidsvoortplanting	11
P 5. Resonantie	12
T 1. Geluidsbronnen	14
T 2. Trillingen	15
T 3. Oscilloscoopbeelden van trillingen	17
T 4. Geluidsbronnen	18
T 5. Resonantie	18
W 1. Geluidsbronnen	20
W 2. Trillingen	20
W 3. Oscilloscoopbeelden van trillingen	21
W 4. Geluidsvoortplanting	21
W 5. Resonantie	22

## Overzicht differentiële stof

<b>Herhaalstof</b>	<b>bladzijde</b>
H 1. Geluid en begrippen	25
H 2. Geluiden om je heen	25
H 3. Meten aan geluid	26

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.  
Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de catalogus voor de extra stof.

- 162. Spelen met de oscilloscoop
- 163. Bepalen van de geluidsnelheid

## Blok 24 Leerdoelen

### Wat moet je kunnen aan het eind van blok 24

<b>1</b> Je moet een aantal geluidsbronnen kunnen noemen.	Te vinden in: <b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>2</b> Je moet minstens twee proeven kunnen beschrijven waaruit blijkt dat er voor ontvangst een medium tussen de geluidsbron en de geluidsontvanger nodig is.	<b>P 1</b>
<b>3</b> Je moet minstens 3 media kunnen noemen en je moet kunnen aangeven wat het medium is in een bepaalde situatie.	<b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>4</b> Je moet twee geluidontvangers kunnen noemen.	
<b>5</b> Je moet weten dat de eenheid van geluidssterkte de decibel is en je moet met een decibelmeter geluidsterkte kunnen meten.	<b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>6</b> Je moet verschijnselen of proeven kunnen beschrijven waaruit blijkt dat geluid uit een trilling ontstaat.	<b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>7</b> Je moet twee soorten maatregelen kunnen noemen om geluidshinder tegen te gaan.	<b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>8</b> Je moet de volgende trillingsgrootheden met symbolen en eenheden kennen: - amplitudo (A; m); - trillingstijd (T; s); - frequentie (f; Hz).	<b>P 2, T 2, W 2</b>
<b>9</b> Je moet uit de trillingstijd de frequentie kunnen berekenen.	<b>P 2, T 2, W 2</b>
<b>10</b> Je moet uit een uitwijking-tijd-diagram van een trilling (u-t-diagram) de trillingstijd, de amplitudo en de uitwijking op een bepaald tijdstip kunnen bepalen.	<b>P 2, T 2, W 2</b>
<b>11</b> Je moet uit het u-t-diagram van een trilling kunnen aflezen of de trilling gedempt of ongedempt is.	<b>P 2, T 2, W 2</b>
<b>12</b> Je moet uit oscilloscoopbeelden van geluidstrillingen conclusies kunnen trekken over de sterkte van trillingen.	<b>P 3, T 3, W 3</b>
<b>13</b> Je moet wanneer de frequenties gegeven zijn van twee geluidstrillingen kunnen aangeven welke de hoogste toon voortbrengt.	<b>P 3, T 3, W 3</b>
<b>14</b> Je moet een proef kunnen beschrijven waarmee de geluidssnelheid door lucht bepaald kan worden.	<b>P 4, T 4, W 4</b>
<b>15</b> Je moet uit gegevens de geluidssnelheid door lucht kunnen berekenen.	<b>P 4, T 4, W 4</b>
<b>16</b> Je moet van een gegeven situatie kunnen zeggen of er sprake is van een resonantie.	<b>P 5, T 5, W 5</b>
<b>17</b> Je moet kunnen beschrijven wat de eigenfrequentie is.	<b>P 5, T 5, W 5</b>
<b>18</b> Je moet kunnen beschrijven wat de functie van een klankkast bij een muziekinstrument is.	<b>P 5, T 5, W 5</b>
<b>19</b> Je moet het verband kunnen aangeven tussen de grootte van een klankkast en de toon die het muziekinstrument voortbrengt.	<b>P 5, T 5, W 5</b>
<b>20</b> Je moet het menselijk oor kunnen tekenen en de werking ervan kunnen uitleggen.	<b>P 5, T 5, W 5</b>
<b>21</b> Je moet kunnen uitleggen waarom dezelfde toon (bijvoorbeeld a <sup>1</sup> ) gespeeld op verschillende instrumenten ook verschillend klinkt.	<b>P 5, T 5, W 5</b>

## P 1 Geluidsbronnen

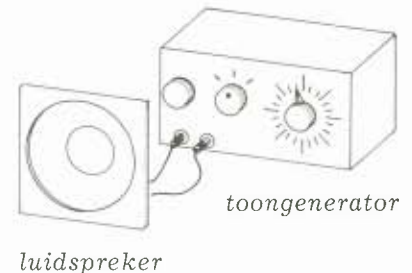
Veel dingen om ons heen maken geluid: een radio, een rijdende auto, een medeleerling die zit te praten, enz. We noemen al deze „dingen” **geluidsbronnen**.

1

### De toongenerator

Voor in de klas staat een toongenerator, die verbonden is met een luidspreker. Samen met de luidspreker vormt de toongenerator een geluidsbron.

Vertel kort iets over het geluid dat je hoort.



2

### Hoe ontstaat geluid?

De toongenerator wordt op een steeds lagere toon ingesteld. Kijk goed naar de luidspreker en beschrijf wat je bij heel lage tonen ziet. Wat kun je konkluderen over het ontstaan van geluid?

Met een speciale luidspreker kun je de trilling van de konus zichtbaar maken. Op de luidspreker is een staafje geplakt. Aan het staafje is een touw bevestigd. Het touw hangt over een katrol en is gespannen door gewichtjes die er aan hangen.

De trilling van de konus wordt zichtbaar door trilling in het touw. Voer de proef uit met een toongenerator, de speciale luidspreker en het touw.

Schrijf je waarnemingen op:

Voel terwijl je spreekt aan je keel.

Waarneming:

Je weet pas dat iets geluid maakt, als je het hoort met je oren. Je oren zijn dan **geluidsontvangers**. Een andere geluidsontvanger is een mikrofoon. Met een mikrofoon kan bijvoorbeeld een cassetterecorder geluiden ontvangen.

De vraag is nu:

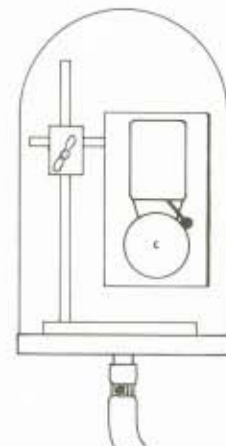
### hoe komt het geluid vanaf de geluidsbron bij de geluidsontvanger?

Met de volgende vier proeven proberen we een antwoord te krijgen op deze vraag.

3

Een rinkelende bel wordt onder een vacuümstolp gehangen. Daarna wordt de lucht onder de stolp weggezogen.

Beschrijf wat je hoort.



vacuümslang naar pomp

Heb je al een idee wat er nodig is om geluid naar je oor te laten komen?

---

---

---

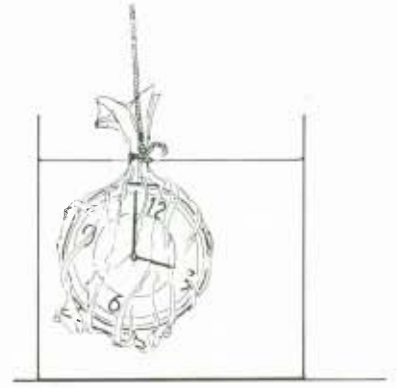
4

Doe een wekker in een afgesloten plastic zak. Houd de plastic zak met de wekker in een bak onder water en laat hem aflopen. Vergelijk het geluid wat je hoort met het geluid dat je hoort bij het aflopen boven water. Beschrijf het verschil.

---

---

---



5

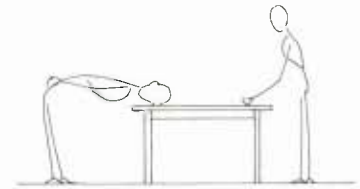
Een leerling klopt op een houten of metalen tafel. Een andere leerling houdt het oor op de tafel (niet te dicht bij het kloppen) en houdt zijn andere oor dicht.

Onderzoek of het geluid van het kloppen door de tafel wordt doorgegeven.

---

---

---



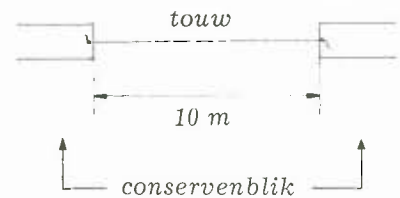
6

Verbind twee blikjes door een touw van enkele meters lang met elkaar. Laat het touw eerst slap hangen. Iemand spreekt in het ene blikje, terwijl een ander luistert aan het andere blikje. Beschrijf wat je hoort.

---

---

---



Span het touw vervolgens strak.  
Beschrijf wat je hoort.

---

---

---

Hoe komt het geluid van de bron (pratende leerling) naar de ontvanger (luisterende leerling)?

---

---

---

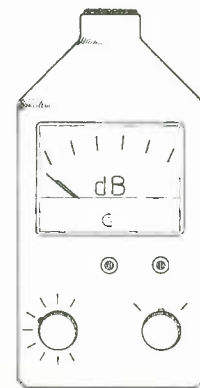
Bekijk de bevindingen van de proeven 3 tot en met 6 en probeer de vraag: „hoe komt het geluid van de geluidsbron bij de geluidsontvanger?” te beantwoorden.

---

---

---

In enkele van de proeven heb je al gemerkt dat geluid verschillend van sterkte kan zijn. In de volgende vier proeven ga je **geluidsterkte** meten met een decibelmeter. Hiernaast staat zo'n decibelmeter getekend. De wijzer geeft het aantal decibels aan; de eenheid van geluidsterkte is de decibel (afgekort dB). Als voorbeeld zie je op de volgende bladzijde een tabel met geluiden die je dagelijks kunt horen:



decibelmeter



geluid	aantal dB
vallend blaadje	10
iemand die zacht fluistert	20
een stel fluisterende kinderen	30
autoverkeer in een rustige straat	40-50
iemand die staat te telefoneren	60
een televisie die hard staat	70
een bromfiets vlakbij	80
een trein vlakbij	90-100
een discotheek	110
een auto die toetert	120
een startend straalvliegtuig	130
als het erg pijn doet aan je oren	140

Straks in proef 9 ga je zelf met een decibelmeter allerlei geluidssterkten meten. Vooraf enkele proeven om na te gaan hoe je de meter moet gebruiken.

7

Voer een aantal geluidssterktemetingen uit met de decibelmeter. Het maakt niet uit welke bronnen je meet maar veel meer hoe je dat doet. Probeer de verschillende knoppen uit.

Ga na of het uitmaakt of je de meter dicht tegen je aan houdt of ver van je af. Blaas langs de microfoon en kijk wat de invloed daarvan is op de uitslag.

Beschrijf op grond van de bevindingen hoe je geluidssterktemetingen moet uitvoeren.

---



---



---



---

8

Meet met de decibelmeter de geluidssterkte van verschillende geluidsbronnen. Houd je aan de bij proef 7 gevonden aanwijzingen. Ga bij je metingen na welke geluidsbron het geluid veroorzaakt en hoever deze bron ongeveer van de dB-meter is verwijderd. Vermeldt je resultaten in onderstaande tabel.

geluidsbron	afstand bron - db-meter	aantal dB	eventuele opmerkingen

9

Meet de geluidssterkte van één geluidsbron op een aantal verschillende afstanden van de bron. Vermeld je resultaten in onderstaande tabel.

geluidsbron	
afstand bron - dB-meter	aantal dB

Welke konklusie trek je uit de gegevens?

.....

.....

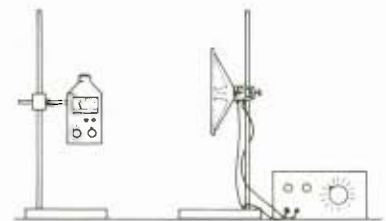
.....

De laatste twee opdrachten in dit praktikum gaan over **geluidsdemping**.

10

Een mikrofoon wordt aangesloten op een toongenerator en op een statief geplaatst. Ongeveer 15 cm daarvoor wordt een dB-meter geplaatst, ook op een statief. Mikrofoon en dB-meter hangen beiden minstens 50 cm boven tafel. Je gaat onderzoeken hoe het geluid wordt gedempt, door verschillende materialen tussen de mikrofoon en de dB-meter te houden. Neem van deze materialen vellen of platen van ongeveer 30 x 30 cm groot, bijvoorbeeld 1 of enkele vellen papier, karton, vilt, plastik, metaal.

Onderzoek twee keer hoeveel het geluid wordt gedempt: een keer bij een hoge toon en een keer bij een lage toon. Houd de vellen voortdurend op dezelfde plaats, dichtbij de dB-meter. Vermeld je gegevens in onderstaande tabellen.



hoge toon		
materiaal	dikte	aantal dB demping

lage toon		
materiaal	dikte	aantal dB demping

Wat is je konklusie?

.....

.....

.....

**11**

Zoek zoveel mogelijk informatie over geluidsisolatie bij elkaar (uit kranten en tijdschriften, uit brochures, enz.). Probeer erachter te komen welke materialen voor geluidsisolatie van woningen en fabrieken worden gebruikt.

## P 2 Trillingen

In P 1 heb je gezien en gehoord dat trillende (bewegende) voorwerpen geluid maken. Maar blijkbaar klopt dat niet altijd. Denk maar eens aan een trillende veer. Die geeft geen geluid. Een aangeslagen stemvork brengt een heldere toon voort en . . . . . ogenschijnlijk trilt er niets. In dit praktikum onderzoeken we verder wat geluid en trilling met elkaar te maken hebben.

**1**

We laten een stemvork trillen en houden er een pingpongballetje aan een touw tegen aan. Is er bij een stemvork sprake van een trilling?

.....

.....

**2**

We brengen een aangepaste stemvork in trilling en bewegen deze met zo konstant mogelijke snelheid over een beroete plaat. Welke vorm ontstaat?

.....

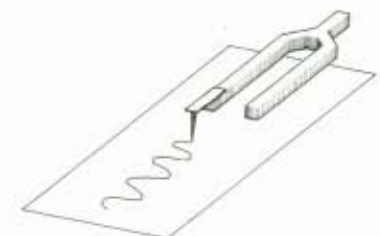
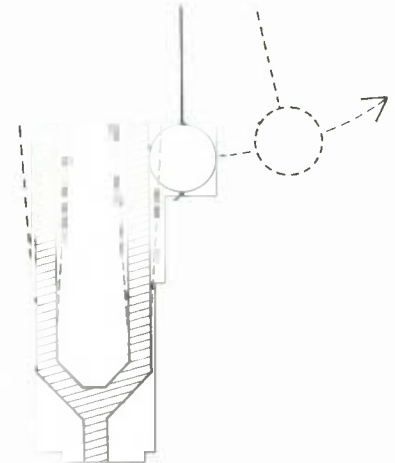
.....

**3**

We bewegen vervolgens op dezelfde manier een stuk papier of karton langs een trillende veer met een potlood eraan. Vergelijk deze vorm met de vorm uit proef 2. Wat valt je op?

.....

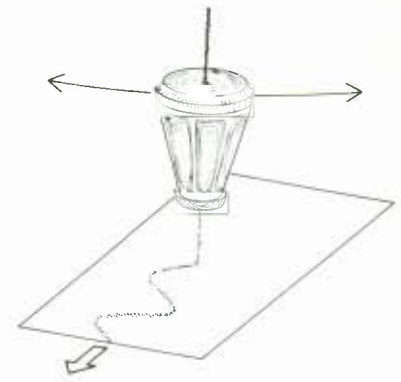
.....



*stemvork over een beroete plaat*



4  
 We laten een omgekeerd zoutvatje slingeren en trekken er snel een stuk zwart papier onder door.  
 Vergelijk het zoutspoor met proef 2.



5  
 Schrijf op wat de trillingen bij de proeven 2, 3 en 4 gemeenschappelijk hebben.

**Trillingstijd**

Een belangrijke grootte bij trillingen is de trillingstijd. Onder de trillingstijd verstaan we de tijdsduur van een hele trilling.

6  
 Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van verschillende trillingen.

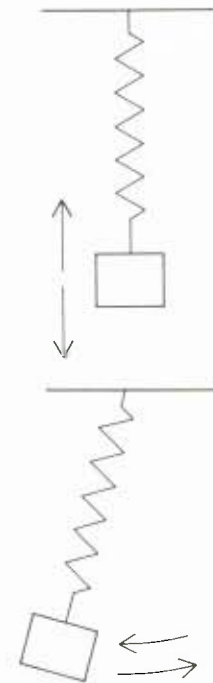
a. de trillende veer bij verschillende uitwijkingen.

Verandert de uitwijking tijdens de trilling?

b. De slingerende veer bij verschillende uitwijkingen.

Verandert de uitwijking tijdens de trilling?

Beschrijf hoe je de trillingstijd gemeten hebt en hoe je geprobeerd hebt dat zo nauwkeurig mogelijk te doen.



**Oscilloscoop**

7  
 We verbinden een mikrofoon met de ingang van een oscilloscoop. We houden een stemvork voor de mikrofoon en brengen hem in trilling. Wat zie je op het oscilloscoopscherm als de knop time/div. in de stand „off” (= uit) staat?  
 Wat zie je op het scherm als de knop time/div. vervolgens goed wordt ingesteld?  
 Welk verband zie je met proef 2 of proef 3?

**P 3 Oscilloscoopbeelden van trillingen**

Een oscilloscoop is een apparaat waarmee je trillingen zichtbaar kunt maken. Met dat apparaat gaan we geluidstrillingen zichtbaar maken. Tot nu toe is ons dat zonder oscilloscoop maar moeilijk gelukt.

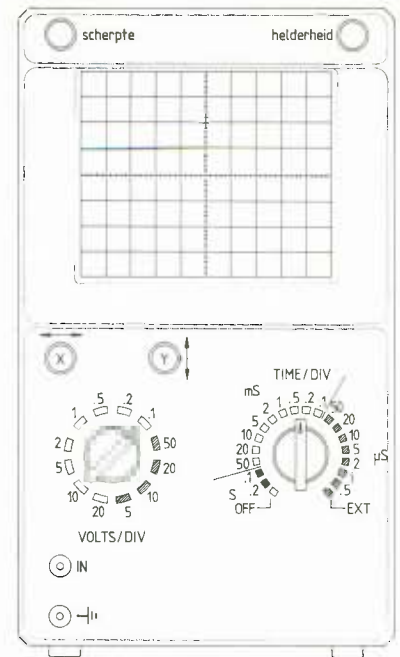
Voordat we met de scoop gaan werken, eerst iets over de bediening van het apparaat.

### 1

#### De knoppen op de scoop.

Hiernaast zie je een vooraanzicht van een scoop. Zoek de volgende knoppen op je eigen scoop:

- $x \leftrightarrow$ ,  $\updownarrow$  : verschuiving van het beeld naar links en rechts respectievelijk omhoog en omlaag;
  - volts/div. Met deze knop kun je de hoogte van het beeld regelen.
  - time/div. Met deze knop regel je de lengte van het beeld.
- Als de knop time/div op bijvoorbeeld 0,2 s staat dan komt elk hokje overeen met 0,2 s.  
Op de knop time/div komen ook ms (milliseconde) en  $\mu$  s (mikroseconde) voor.  
1 milliseconde = 0,001 seconde  
1 mikroseconde = 0,000001 seconde



### 2

We voeren een signaal van lage frequentie uit de toongenerator toe aan de scoop.

- a. Zet de knop time/div. op „uit”.

Je ziet nu het lichtpuntje (= de scoopbundel) op en neer bewegen (trillen).

Maken we de frequentie groter dan trilt het lichtpuntje sneller op en neer.

Je zou nu met een stopwatch en door te tellen het aantal trillingen per seconde kunnen bepalen (frequentie). Bedenk een manier om  $f$  te bepalen.

$f = \dots$  Hz.

- b. Zet de knop time/div op 0,2 s.

Het beeld dat je ziet lijkt op de plaatjes uit P 2 en T 2: je hebt een uitwijking-tijd-diagram gekregen.

Tel het aantal hokjes dat met één hele trilling overeenkomt.

$\dots$  hokjes.

Een hokje komt overeen met 0,2 s.

Bereken de trillingstijd:  $T = \dots$  s.

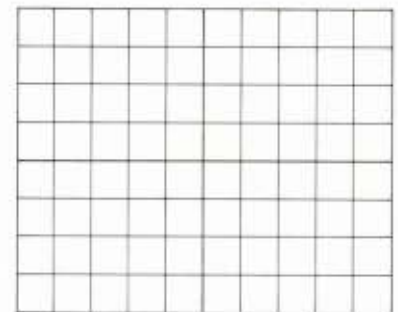
Bereken de frequentie:  $f = \dots$  Hz.

Met de scoop kun je dus niet alleen trillingen zichtbaar maken, je kunt er ook metingen mee uitvoeren.

### 3

Vergroot de frequentie van de toongenerator en bekijk het beeld op de scoop.

Teken in het diagram hiernaast een trilling met een lage en een trilling met een hoge frequentie.



### 4

Sluit een microfoon aan op de oscilloscoop.

Je kunt nu allerlei geluiden bekijken op de scoop.

Onder zoek nu:

- het geluid van je stem;
- het geluid van een blokfluit;
- het geluid van een gitaar;
- het geluid van een tik op de tafel;
- het geluid van een stemvork;
- enzovoorts.

Beschrijf telkens wat je ziet en maak eventueel schetsen van de geluidspatronen. Wat valt je op aan de verschillende patronen?

.....

.....

.....

.....

5

Sluit de toongenerator aan op een luidspreker. Je hebt nu een geluidsbron waarvan je de toon en de sterkte kunt veranderen.

- a. Vergelijk een lage toon met een hoge toon op de scoop.  
Wat kun je zeggen van de frequentie van een lage toon in vergelijking met een hoge toon?

.....  
 .....

- b. Verander de geluidsterkte van de toon.  
Je ziet dat de hoogte van het signaal op de scoop verandert. De hoogte van het signaal is dus een maat voor de geluidsterkte. Vergelijk nu de sterkte van de geluiden die je bij proef 4 hebt bekeken.

6

Erg lage tonen kun je niet horen en erg hoge tonen ook niet. Bepaal de frequentie van de laagste en de hoogste tonen die je nog net kunt horen.

laag:  $f =$  ..... Hz;    hoog:  $f =$  ..... Hz.

Vergelijk jouw resultaat met het resultaat van je medeleerlingen.

## P 4 Geluidsvoortplanting

1

Bekijk een luidspreker bij lage tonen (gebruik een toongenerator). Je ziet de conus van de luidspreker heen en weer trillen. Wat zal het gevolg van dat heen en weer trillen van de conus zijn op de lucht?

.....  
 .....

2

Pak een lange veer (slinky) bij een uiteinde vast. Laat een medeleerling het andere uiteinde vasthouden. Geef de veer een duw in de lengterichting. Wat gebeurt er?

.....  
 .....

Wat gebeurt er als je aan de veer trekt?

.....  
 .....

Probeer nu nog eens de vraag bij proef 1 te beantwoorden.

.....  
 .....

3

Geef een aantal voorbeelden waaruit blijkt dat het enige tijd duurt voor het geluid van de bron bij de ontvanger komt.

.....  
 .....



Hieronder staan 2 proeven waarmee de voortplantingssnelheid van geluid bepaald kan worden. Je mag ze beide doen, maar je kunt ook een keuze maken.

4

Hang een lange slinger op en laat hem heen en weer slingeren. Laat een medeleerling telkens in de voor jou rechter uiterste stand een tik op een stuk hout (of trommel) geven. Loop nu kijkend naar het tafereel weg van de slinger en je medeleerling. Loop net zo ver weg tot je een klap hoort als de slinger in de linker uiterste stand is.

a. Meet de afstand van jouw plaats tot de slinger.

..... m.

b. Meet de slingertijd van de slinger.

..... s.

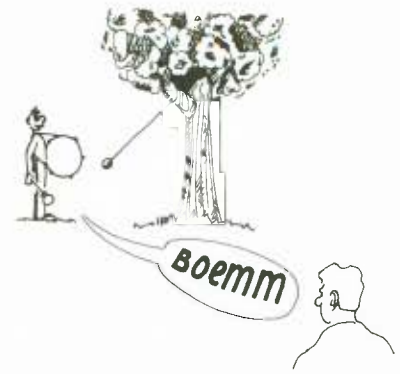
Hoelang doet het geluid erover om de bij a. gevonden afstand af te leggen?

..... s.

Bereken de voortplantingssnelheid van geluid in lucht.

.....  
 .....  
 .....

de snelheid is ..... meter per seconde.

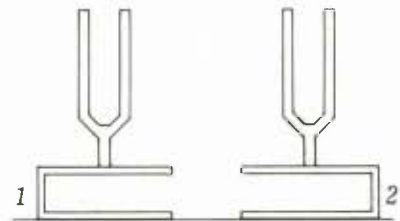


## P 5 Resonantie

1

Een meeklinkende stemvork.  
 Twee gelijke stemvorken staan op een klankkast. De open kant van de klankkasten wijzen naar elkaar toe. Sla stemvork 1 aan. Demp daarna de toon door hem met je hand aan te raken. Wat hoor je?

.....  
 .....



2

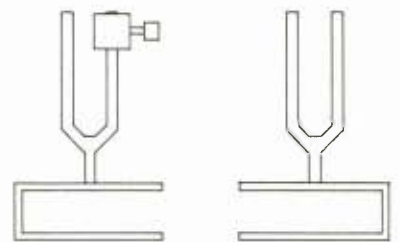
Op stemvork 1 wordt een gewichtje geplaatst; het gewichtje komt aan het einde van één van de benen (zie tekening).

a. Sla stemvork 1 aan. Hoe is de toon veranderd?

.....

b. Voer proef 1 nog eens uit, maar nu met het gewichtje op stemvork 1. Wat hoor je?

.....

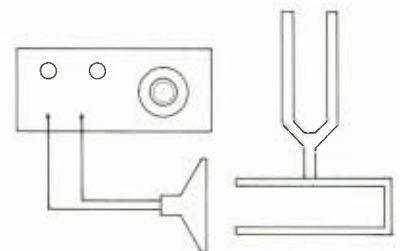


3

Vervang stemvork 1 door een luidspreker, aangesloten op een toongenerator. De luidspreker komt vlak voor de open kant van stemvork 2.  
 Stel de toongenerator in op een frequentie van 440 Hz. Laat de toon uit de luidspreker klinken en stel de toongenerator bij, totdat de toon uit de luidspreker dezelfde frequentie heeft als de toon van de stemvork.

a. Wat hoor je als je de toongenerator plotseling uitzet?

.....



b. Herhaal de proef bij andere frequenties van het geluid uit de luidspreker. Wat hoor je?

.....

4

a. Een stemvork wordt van zijn klankkast gehaald. Wat hoor je, als je de stemvork aanslaat?

.....

b. De stemvork wordt op een klankkast geplaatst van een andere grootte. Wat hoor je, als je de stemvork aanslaat?

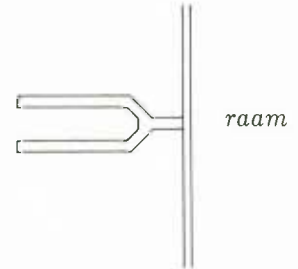
.....

c. De onderkant van de stemvork wordt tegen het raam gehouden. Wat hoor je, als je de stemvork aanslaat?

.....

d. De onderkant van de stemvork wordt op tafel gehouden. Wat hoor je, als je de stemvork aanslaat?

.....



Kun je een verklaring geven voor bovenstaande vier onderdelen van proef 4.

.....

5

Voer proef 4c en d nog eens uit, nu met een andere stemvork (of met een gewichtje aan één van de benen van de stemvork). Gaat ook nu het raam en de tafel weer meetrillen?

.....

6

Tijdens het vullen van een fles met water hoor je een toon. Wat gebeurt er met de toon die je hoort, naarmate de fles meer gevuld raakt?

.....



7

Verbind een microfoon met de oscilloscoop en bekijk vervolgens het beeld van de volgende geluidstrillingen op de scoop: stemvork, blokfluit, viool, gitaar, enz.

Beeld telkens dezelfde toon af: de  $a^1$  met een frequentie van 440 Hz. Wat valt je op, wanneer je de verschillende afbeeldingen met elkaar vergelijkt?

.....

.....





## T 1 Geluidsbronnen

Elk geluid dat je hoort, komt ergens vandaan: van een geluidsbron. Uit het dagelijkse leven ken je zeer veel geluidsbronnen.

In P 1 heb je kennis gemaakt met een nieuwe geluidsbron: de toongenerator. Wanneer zo'n toongenerator wordt verbonden met een luidspreker kunnen we daarmee allerlei verschillende tonen laten horen (hoog of laag, sterk of minder sterk). Vooral bij allerlei natuurkundeproeven kunnen we de toongenerator als geluidsbron gebruiken.

Geluiden van een geluidsbron kunnen worden opgevangen met je oren of met een microfoon. Het geluid moet dan wel van de geluidsbron naar je oren of naar de microfoon toe kunnen komen. Dat kan via de lucht.

Denk maar aan de bel onder de stolp. Als de lucht eronder weg is gepompt hoor je de bel niet. Bij de wekker onder water bleek de toon duidelijk te veranderen.

Een goed voorbeeld bleek ook de twee blikken en het touw er tussen. Strak gespannen werd het geluid redelijk doorgegeven.

Er is een tussenstof nodig om het geluid van de bron naar de ontvanger te brengen. Zo'n tussenstof wordt ook wel medium genoemd.

Als er geen medium tussen bron en ontvanger is, wordt het geluid niet doorgegeven.

### Geluid en trilling

Als een toongenerator heel lage tonen voortbrengt, zie je de voorkant van de luidspreker (de zogenaamde konus) heen en weer trillen. Ook bij hoge tonen trilt de konus heen en weer. Maar dit trillen gaat zo snel, dat je oog het niet meer kan volgen. Het trillen van de konus veroorzaakt het geluid. De konklusie is:

**geluid ontstaat door een trilling.**

Een staafje dat op de luidspreker is geplakt brengt een touw in trilling. Daaruit blijkt dat ook wanneer je dat niet waarneemt er ook bij hoge tonen sprake is van trillingen.

Door het trillen van een konus gaan de luchtdeeltjes voor de konus ook trillen. Die trillingen planten zich door de lucht voort en zorgen er bijvoorbeeld voor dat het trommelvlies in je oor gaat trillen.

Je eigen stem is in feite ook een geluidsbron. Dat ook daar trillingen zijn waar te nemen moet je maar eens nagaan door terwijl je spreekt aan je keel te voelen.

Je kunt dan de trilling van je stembanden voelen.

Bij machines zijn er bewegende onderdelen die de lucht in trilling brengen. Geluid plant zich ook voort door andere stoffen. Denk maar eens aan de tafel. Het zijn de metaaldeeltjes die de trilling doorgeven.

### Geluidssterkte

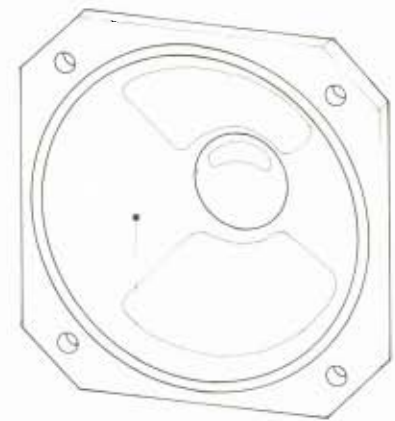
Geluiden kunnen verschillen in sterkte. Dichtbij een drillboor hoor je een veel sterker geluid dan in een straat met alleen rustig autoverkeer.

De eenheid van geluidssterkte is de decibel (dB). De schaal van een dB-meter is een ander soort schaal dan je gewend bent. Als bijvoorbeeld twee auto's elk 60 dB geluid produceren, dan produceren ze samen niet 120 dB maar 63 dB.

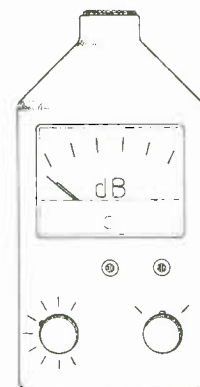
De decibel is zo gekozen dat als de geluidssterkte 10 decibel toeneemt, de mens het geluid twee keer zo sterk ervaart.

Met behulp van de dB-meter heb je zelf de geluidssterkte van geluidsbronnen gemeten. De werking van het apparaat is eenvoudig verteld als volgt:

de microfoon in de dB-meter zet de trilling van de lucht om in een elektrische spanning. Door deze spanning slaat de wijzer op de dB-meter uit. De uitslag van de wijzer is dan een maat voor de sterkte van het geluid.



konus



decibelmeter



Uit proef 9 van P 1 bleek dat de geluidssterkte afneemt naarmate de afstand geluidsbron tot decibelmeter groter wordt.

Bij de tabel over geluidssterkten (in P 1) zijn we ervan uitgegaan, dat je op normale afstand van de geluidsbron staat. Dus autoverkeer in een straat wanneer jij op de stoep staat te meten, een discotheek wanneer jij ergens middenin de zaak staat, enz. Als je verder van de geluidsbron af gaat staan, meet je een lagere geluidssterkte.

### **Geluidshinder**

Geluid kan soms erg hinderlijk zijn. Je hoeft maar te denken aan overvliegende vliegtuigen, aan verkeerslawaaï, enz. Maar niet alleen mensen in de buurt van een vliegtuig of een drukke weg hebben last van geluidshinder. Geluid wordt ook voortgebracht door de industrie, door radio en t.v., door je bureu en bij allerlei eigen werkzaamheden.

Geluiden waar de een van geniet, kunnen voor de ander hinderlijk zijn. Denk maar aan harde muziek uit een disco, die door de omliggende wijk vaak minder wordt gewaardeerd.

Om te proberen de geluidshinder te beperken zijn allerlei wetten en regels opgesteld. In de „wet geluidshinder voor industriële- en horecabedrijven” staan geluidssterkten vermeld die niet mogen worden overschreden. Behalve in deze wet staan er nog veel regels in de hinderwet voor bedrijven, in algemen politieverordeningen, in de wegenverkeerswet, enz. Internationaal zijn er normen vastgesteld over de nog toelaatbare geluidssterkte. In een normale woonwijk is dit bijvoorbeeld overdag 50 dB, 's avonds 45 dB en 's nachts 35 dB. In het centrum van een stad mag de geluidssterkte wat hoger liggen: overdag maximaal 60 dB, 's avonds 55 dB en 's nachts 45 dB. Al deze wetten en regels zijn nodig omdat geluidshinder vervelend kan zijn en slecht voor de gezondheid.

### **Geluidsdemping**

Om geluidshinder te beperken kunnen allerlei geluidsdempende materialen worden gebruikt. In proef 11 van P 1 heb je daar onderzoek naar gedaan. Hoe dikker een bepaald materiaal is, hoe beter het geluiden dempt (bijvoorbeeld enkele vellen papier dempen geluid meer dan 1 vel papier).

Om geluidsdemping goed te onderzoeken is het nodig om de geluidsbron zo af te schermen dat het geluid via het dempende materiaal naar de decibelmeter gaat.

Gebeurt dit niet, dan kan het geluid weerkaatst worden via de wanden en via allerlei voorwerpen. Met proeven is bepaald welke materialen geluid goed dempen. Dat zijn bijvoorbeeld gips, houtspaanplaat en bepaalde soorten beton. Bij de bouw van machinehallen en fabrieken wordt deze kennis toegepast, door deze materialen te gebruiken in muren, vloeren en plafonds. Ook bij huizen naast een drukke verkeersweg worden soms gipsplaten of houtspaanplaten langs de muren aangebracht. Deze platen moeten dan wel minstens enkele centimeters dik zijn.

Dubbele ramen met daartussen lucht, dempen het geluid van buiten beter dan enkele ramen (dat hangt ook af van de afstand van de ramen). Langs drukke verkeerswegen wordt soms een geluidswal aangebracht: een lange zandwal of platen van enkele meters hoog. Het geluid van het autoverkeer kan dan minder gemakkelijk bij de omringende huizen komen.

Bij het dempen van geluid blijkt, dat hoge tonen sterker worden gedempt dan lage tonen. Wanneer bijvoorbeeld bij de bureu de radio hard aanstaat, hoor je vooral de lage tonen. De tussenliggende muur dempt namelijk de hoge tonen veel meer dan de lage tonen.

## **T 2 Trillingen**

In P 2 heb je trillingen bestudeerd van een stemvork, een trillende veer en een slingerend zoutvaatje.

Gemeenschappelijk hebben die trillingen:

- de beweging is heen- en weergaand of op- en neergaand om een bepaalde evenwichtsstand.

- het voorwerp keert steeds na een bepaalde tijd op een bepaalde plaats terug.

In de natuurkunde noemen we deze bewegingen in het algemeen trillingen.

### Amplitudo, trillingstijd en frequentie

De tekeningen hiernaast laten een trillende veer zien. In de eerste tekening gaat de veer door de evenwichtsstand. De veer schiet door tot hij de uiterste stand bereikt (de tweede tekening).

De afstand OA noemen we de **amplitudo** van de trilling (de grootste uitwijking).

Vervolgens rekt de veer uit, passeert weer de evenwichtsstand en bereikt opnieuw de uiterste stand. Daarna beweegt het onderste deel van de veer weer omhoog en passeert de evenwichtsstand. De veer heeft nu één trilling uitgevoerd en hij begint aan de volgende.

De tijd die nodig is om één trilling uit te voeren noemen we de **trillingstijd**. Symbool: T.

Een laatste grootheid die genoemd moet worden is de **frequentie**. De frequentie van een trilling geeft aan hoeveel trillingen er in 1 s worden uitgevoerd. Het symbool voor frequentie is f.

De eenheid van frequentie is Hz. Wanneer het om grote frequenties gaat wordt kHz (kilo Hz) of MHz (mega Hz) gebruikt.

1 kHz = 1000 Hz; 1 MHz = 1 000 000 Hz.

Een trilling met een frequentie van 10 Hz voert dus 10 trillingen per seconde uit.

Een trilling met een frequentie van 27 MHz voert 27 000 000 trillingen in één seconde uit.

Trillingstijd en frequentie hangen nauw samen.

Van een trilling is gegeven dat  $T = 0,1$  s.

Dat betekent dat in 0,1 s één hele trilling wordt uitgevoerd.

één trilling in 0,1 s (een-tiende .....)

betekent 10 trillingen in 1 s.

Er worden dus 10 trillingen per seconde uitgevoerd.

$f = 10$  trillingen per seconde.

Uit dit voorbeeld zie je dat uit T, f is te berekenen.

De grootheden samengevat:

amplitudo: de afstand tussen de evenwichtsstand en de uiterste stand (in m of cm).  
Symbool: A.

trillingstijd: de tijd nodig voor één hele trilling (in s).  
Symbool: T.

frequentie: het aantal trillingen in één seconde.  
Symbool: f; een eenheid: Hz.

### Een trilling in de tijd bekeken:

Bij proef 2 van P 2 trokken we een aangepaste stemvork over een beroete plaat.

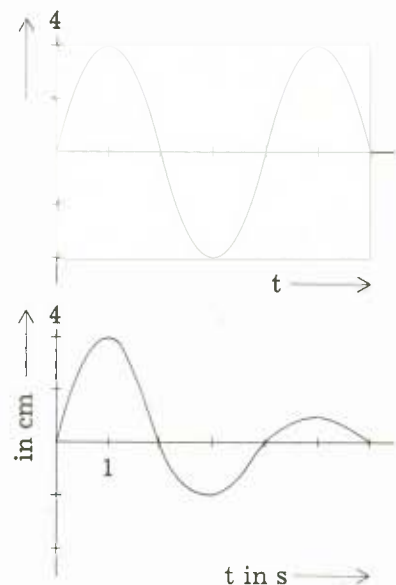
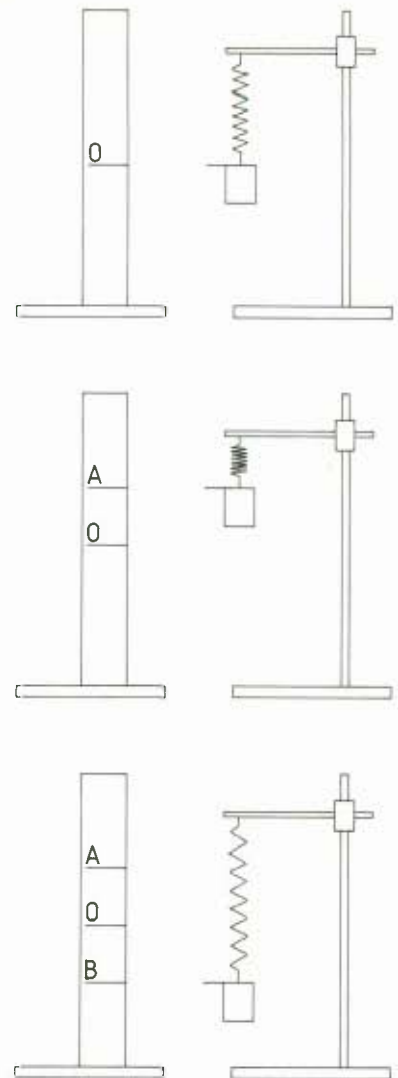
Door bij proef 3 een strook papier onder een trillend potlood door te trekken kregen we een plaatje van de trilling.

Het spoor zout uit het slingerende zoutvatje bij proef 4 had hetzelfde effect.

De plaatjes die je bij de proeven 2, 3 en 4 kreeg noemen we een uitwijking-tijd-diagram.

Voorbeelden:

1. Het uitwijking-tijd-diagram van de stemvork zou er uit kunnen zien als hiernaast is getekend. (u: uitwijking; t: tijd). We spreken hier van een gedempte trilling omdat de amplitudo steeds kleiner wordt. Alle trillingen tot nu toe bleken gedempt (de één sterker dan de ander).
2. Het uitwijking-tijd-diagram (u-t-diagram) hiernaast bevat veel informatie:
  - de amplitudo is 2,0 cm;
  - de trillingstijd is 4,0 s;
  - de trilling is ongedempt;
  - op elk moment kun je de uitwijking bepalen.



### Kennismaking met de oscilloscoop

Een **oscilloscoop** is letterlijk een apparaat waarmee je trillingen kunt zien (oscillum = trilling). Het apparaat heet officieel elektronenstraaloscilloscoop; we noemen hem kortweg scoop.

Als de trillingen niet elektrisch zijn (zoals geluid), moeten ze eerst in elektrische trillingen worden omgezet, b.v. via een microfoon. De trillingen worden bij „in” de scoop binnengevoerd en uiteindelijk op het scherm geprojecteerd. Van de werking van de oscilloscoop vermelden we alleen dat het apparaat werkt als een soort T.V.  
In P 3 gaan we geluidstrillingen met de scoop onderzoeken.

## T 3 Oscilloscoopbeelden van trillingen

In P 3 heb je gezien dat de scoop een handig apparaat is om trillingen zichtbaar te maken.

Je krijgt dan plaatjes zoals er hiernaast één getekend is. Uit deze uitwijking-tijd-diagrammen kun je veel te weten komen over de trilling.

### Trillingstijd en frequentie

Door het aantal hokjes te tellen van één hele trilling en dat te vermenigvuldigen met het aantal seconde per hokje, kun je de trillingstijd bepalen.

Voorbeeld:

Hiernaast zie het scoopbeeld van een trilling. Eén trilling beslaat 4 hokjes. Als een hokje overeenkomt met 0,05 s, dan is de trillingstijd  $4 \cdot 0,05 \text{ s} = 0,2 \text{ s}$ .

Uit de trillingstijd kun je de frequentie berekenen. In het voorbeeld is de trillingstijd 0,2 s.

Dat betekent dat één trilling twee-tiende seconde duurt. In 1 s worden dan 5 trillingen uitgevoerd.

Dus: de frequentie is 5 Hz.

Wanneer je de beelden van twee trillingen op de scoop vergelijkt (bij dezelfde stand van time/div) dan komt een kleine frequentie overeen met weinig hele trillingen op de scoop en een hoge frequentie met veel hele trillingen.

Uit proef 5 van P 2 bleek dat lage tonen een kleine frequentie en hoge tonen een grote frequentie hebben:

lage tonen: kleine frequentie

hoge tonen: grote frequentie

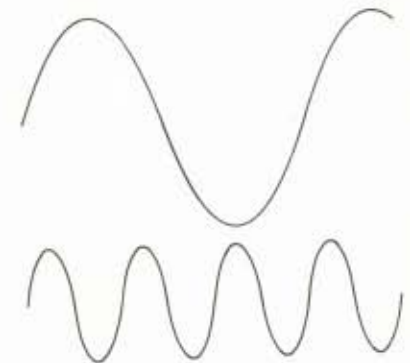
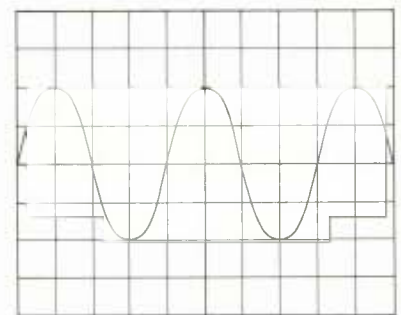
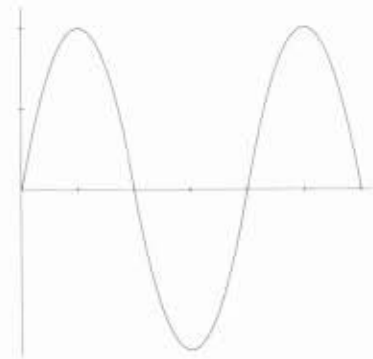
Uit proef 6 volgde dat je niet alle tonen kunt horen. Lage tonen met een frequentie kleiner dan 20 Hz en hoge tonen met een frequentie groter dan 20.000 Hz kun je niet horen.

Frequenties boven de **gehoorgrens** van 20 kHz noemen we **ultrasoon**. Allerlei diersoorten kunnen ultrasoon geluid wel horen. Een hondfluit werkt op dat principe.

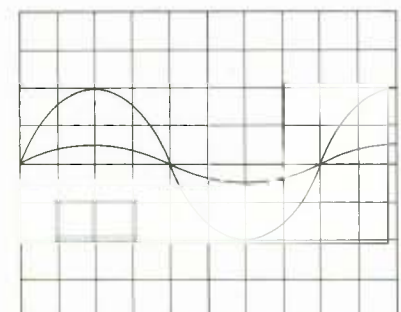
De hoogte of de amplitudo van het beeld op de scoop is een maat voor de sterkte van het geluid.

Dat ontdekte je bij proef 5.

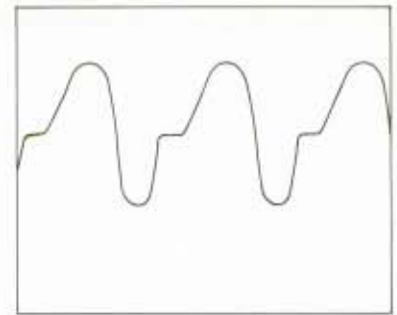
Om de sterkte van geluidsbronnen te kunnen vergelijken moet je er voor zorgen dat de afstand tot de microfoon in beide gevallen even groot is. We kunnen geluidstrillingen nu beschrijven met de uitwijking-tijd-diagrammen zoals de scoop die laat zien. We krijgen dan informatie over de geluidsterkte (de amplitudo) en de toonhoogte (frequentie).



20 kiloHz (kHz) = 20.000 Hz



Bij proef 4 van P 3 onderzocht je allerlei bekende geluidsbronnen met de scoop. Opvallend daarbij was de vorm van het signaal op de scoop. Geen mooie figuren maar grillige geluidspatronen. Een paar voorbeelden daarvan zie je hiernaast. Er is wel regelmaat in te ontdekken maar met moeite. Het beeld van de menselijke stem ziet er helemaal ingewikkeld uit.



*gitaar*



*fluit*

## T 4 Geluidsvoortplanting

### Hoe plant geluid zich voort?

Lage tonen, dus tonen met een lage frequentie, kunnen de konus van een luidspreker zichtbaar laten trillen (proef 1 van P 4).

Het effect daarvan op de lucht kun je nabootsen met een veer. Geef je de veer een duw dan zie je dat de windingen vlak bij je hand dichtbij elkaar gaan zitten.

Je zag bij proef 2 van P 4 dat de windingen de duw als het ware doorgeven.

Als je, in plaats van te duwen, aan de veer trekt, dan gaan de windingen verder van elkaar zitten.



„de duw wordt doorgegeven”

Van de voortplanting van geluid door lucht kun je je met behulp van de net besproken proef weer een voorstelling maken.

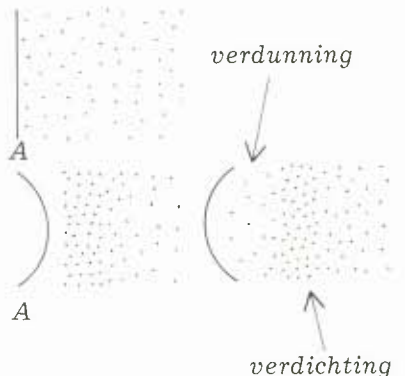
We bekijken als voorbeeld de situatie bij de luidspreker.

Voor het membraan (A) van de geluidsbox bevinden zich luchtdeeltjes (zeer eenvoudig voorgesteld).

Beweegt het membraan naar buiten, dan worden de luchtdeeltjes samengedrukt (verdichting). Deze verdichting plant zich voort onder andere naar de ontvanger (oor).

Beweegt het membraan naar binnen dan krijgen de luchtdeeltjes meer ruimte en verdunnen. Deze verduunning wordt weer doorgegeven (o.a. naar je oor).

Het membraan zorgt er voor dat de lucht gaat trillen en je oor „ontvangt” deze trillingen.



### De voortplantingssnelheid van geluid

In P 4 heb je de voortplantingssnelheid van geluid bepaald. Geluid plant zich **door lucht** voort met een snelheid van 340 meter per seconde of 1224 kilometer per uur. De toevoeging **door lucht** is nodig omdat voor elke stof de voortplantingssnelheid anders is. In de tabel hiernaast zie je enkele voorbeelden daarvan.

Stof	geluidssnelheid	
	in m/s	in km/h
ijzer	5100	18360
koper	3700	13320
water	1480	5328
glycerol	1923	6923
lucht	340	1124



# T 5 Resonantie

In P 5 heb je proeven gedaan waarbij voorwerpen meeklinken met geluidsbronnen. Bijvoorbeeld de twee stemvorken van 440 Hz die met de open kanten naar elkaar staan. Als één van beide wordt aangeslagen, dan gaat de stemvork meeklinken. We noemen dit meeklinken:

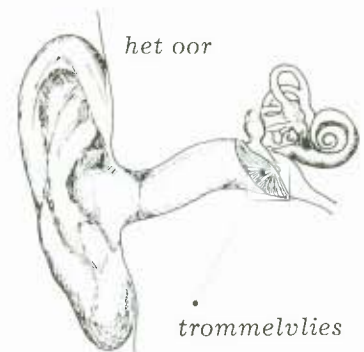
## resonantie.

Resonantie ontstaat doordat de trillende stemvork 1 als het ware stemvork 2 dwingt om mee te gaan trillen. We noemen daarom de frequentie van de aangeslagen stemvork de gedwongen frequentie. Stemvork 2 kan echter alleen trillen bij bepaalde frequenties, in ons geval 440 Hz of een veelvoud ervan. We noemen die frequenties de eigen frequenties van stemvork 2.

Resonantie treedt op wanneer de gedwongen frequentie door stemvork 1 gelijk is aan een eigen frequentie van stemvork 2.

Als de gedwongen frequentie ongelijk is aan de eigen frequentie treedt géén resonantie op. Wanneer we bijv. aan stemvork 1 een gewichtje bevestigen, brengt stemvork 1 een lagere toon voort. De gedwongen frequentie is dan kleiner dan 440 Hz. Aan stemvork 2 is echter niets veranderd. Dus de eigen frequentie van stemvork 2 is nog steeds gelijk aan 440 Hz. Gevolg: de gedwongen frequentie is kleiner dan de eigen frequentie, dus er treedt géén resonantie op. Wanneer een trillende stemvork tegen een raam of tegen een tafelblad wordt gehouden, hoor je het geluid sterker. Kennelijk resoneren en de tafel en het raam met de stemvork mee.

De werking van je oor berust ook op resonantie. Het geluid afkomstig van een geluidsbron wordt via de lucht overgebracht naar je oor. In je oor zit het trommelvlies dat met het geluid gaat meetrillen; vanaf het trillende trommelvlies wordt het geluid doorgegeven aan het inwendige gehoororgaan. Je oor kan geluiden registreren over een groot frequentiebereik, van ongeveer 20 Hz tot 20.000 Hz. Het trommelvlies heeft dus een groot aantal eigen frequenties. Vanaf ongeveer 18-jarige leeftijd vermindert de gevoeligheid van je oor voor hoge frequenties, zodat de bovenste gehoorrens zal dalen. Bij oudere mensen is de bovenste gehoorrens soms gezakt tot 10.000 Hz of nog lager. De onderste gehoorrens verandert maar weinig en blijft gelijk aan 20 Hz.



Onderzoekingen hebben aangetoond dat gehoorbeschadigingen optreden als het oor regelmatig te zwaar belast wordt, bijvoorbeeld als je veel luistert naar keiharde muziek, vooral via een koptelefoon. Je kunt dan op den duur met name de hogere frequenties niet meer horen. Arbeiders die veel bij lawaaiërig apparaten werken, moeten oorbeschermers dragen. Beter zou nog zijn om het lawaai van die machines binnen de perken te houden; de regering gaat daar over enige tijd voorschriften voor geven.

## De klankkleur

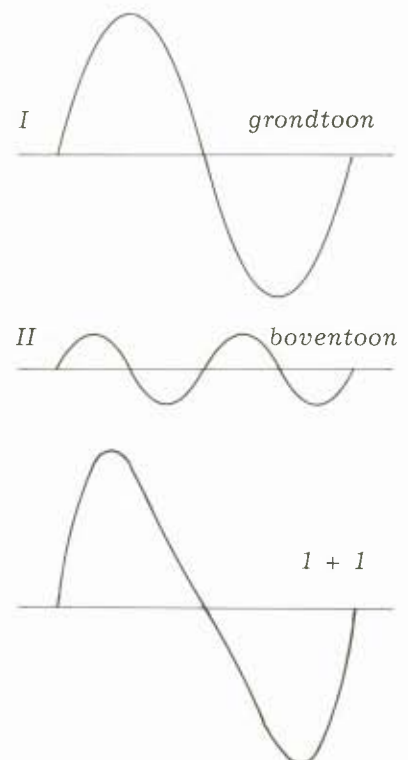
Geluiden kunnen niet alleen verschillen in toonhoogte en sterkte, maar ook in klankkleur (of: timbre). Bijvoorbeeld de klankkleur van een blokfluit is heel anders dan de klankkleur van een piano, ook al spelen ze beide dezelfde toonhoogte. In proef 7 van P 5 heb je het geluid van verschillende muziekinstrumenten afgebeeld op de oscilloscoop. Je zag daarbij dat de vorm van de afbeeldingen nogal verschilde. De verklaring hiervoor is dat een toon bestaat uit een grondtoon en een aantal boventonen.

Bij proef 7 van P 5 heb je het beeld bekeken van de toon  $a^1$ . Deze toon heeft een frequentie van 440 Hz. Beter gezegd: de grondtoon van die toon heeft een frequentie van 440 Hz. De toon is echter verder opgebouwd uit boventonen.

De verhouding tussen grondtoon en boventoon verschilt per muziekinstrument en dat verklaart het verschil dat je hoort.

Hiernaast zie je van  $a^1$  de grondtoon en een boventoon voor een gitaar. Daaronder staat de som van grond- en boventoon. In totaal laat de oscilloscoop géén mooie sinusvorm meer zien.

Doordat de verhoudingen van de boventonen per instrument verschillen, verschillen ook de afbeeldingen op de oscilloscoop. Door de verschillen in vorm bij elk instrument kan ook ons oor de verschillende klanken van elkaar onderscheiden.



## W 1 Geluidsbronnen

1

Waarom hoorde je de bel bij proef 2 van P 1 niet meer nadat de lucht onder de stolp was weggezogen?

2

Waarom is het nodig om buiten een beschermend kapje rond de microfoon van de dB-meter te bevestigen?

3

Kun je „geluidsgolven” van de maan naar de aarde zenden?

4

- Waarom is de norm voor geluidssterkte in een woonwijk overdag hoger gesteld dan 's nachts?
- Waarom is die norm in een stadscentrum hoger dan in een buitenwijk? De bewoners in het centrum hebben er toch evenveel hinder van?

5

De maximale geluidssterkte van een bromfiets mag 73 dB bedragen. Waarom zegt dit gegeven op zichzelf niets? Bedenk enkele voorwaarden waaronder die 73 dB zou kunnen gelden.

## W 2 Trillingen

1

De trillingstijd van een trillende veer bedraagt 0,50 s.

- Hoeveel trillingen voert de veer in 1 s uit?
- Wat is de frequentie van de trilling?

2

De konus van een luidspreker voert in 1 s 4 trillingen uit.

- Hoe groot is de frequentie?
- Bereken de trillingstijd van de trilling.

3

In de tabel hiernaast is de tijd en de uitwijking gegeven van een trillende stemvork.

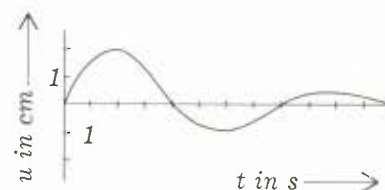
- Maak met behulp van de tabel een uitwijking-tijd-diagram.
- Hoe groot is de amplitudo van de trilling?

t in ms	$u_t$ in mm
0	0
2,8	0,7
5,7	1,0
8,5	0,7
11,3	0
14,1	-0,7
16,9	-1,0
19,7	-0,7
22,5	0

4

Hiernaast zie je een uitwijking-tijd-diagram van een geluidstrilling.

- Bepaal de amplitudo van de trilling.
- Bepaal de uitwijking op  $t = 3$  s.
- Bepaal de trillingstijd van de trilling.
- Bereken de frequentie uit de trillingstijd.

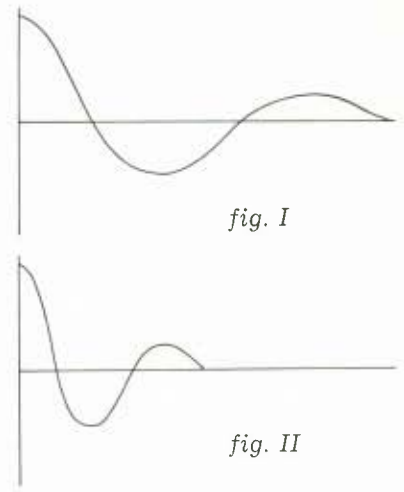




5

Om de schokbrekers van een auto te testen wordt de bumper naar beneden gedrukt en vervolgens losgelaten. Bekeken wordt hoe lang het duurt voor de auto is uitgevlid. Hiernaast zijn uitwijking-tijd-diagrammen van trillingen bij twee verschillende auto's getekend.

- Bepaal uit de u-t-diagrammen hiernaast welke trilling de kleinste trillingstijd heeft.
- Welke trilling heeft de kleinste frequentie?
- Bereken welke van de beide auto's de beste schokbrekers heeft.

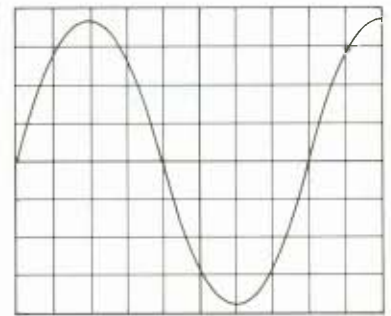


## W 3 Oscilloscoopbeelden van trillingen

1

Een scoopbeeld van een trilling is hiernaast getekend. Een hokje komt overeen met 0,05 s.

- Bepaal de trillingstijd van de trillingen.
- Bereken de frequentie van de trilling.



2

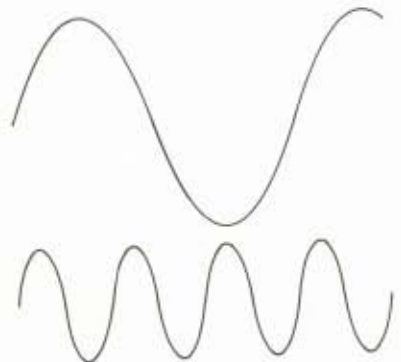
Hiernaast zie je twee scoopbeelden van trillingen. Het aantal seconde per hokje is voor beide beelden hetzelfde. Bereken welke van de twee de grootste frequentie heeft.



3

Met behulp van de scoop maken we u-t-diagrammen van twee geluidsbronnen. (De knoppen time/div en volt/div staan bij beide opnamen op dezelfde stand). De afstand van de geluidsbron tot de microfoon bedroeg in beide gevallen 20 cm.

- Welke van de bronnen brengt de hoogste toon voort?
- Welke bron geeft de grootste geluidssterkte?



## W 4 Geluidsvoortplanting

1

Soms kun je tijdens onweer bepalen hoe ver de bliksem van je verwijderd is. Door te meten hoe lang na de flits het gerommel je oor bereikt, krijg je een idee van de afstand.

- a. Hoe ver is de bliksem bij je vandaan als er 10 s zit tussen de lichtflits en het gerommel?
- b. Moet je bij de berekening ook rekening houden met de lichtsnelheid?

2

Hoe zou je met behulp van echo's (bijv. een put) de geluidssnelheid kunnen bepalen?

3

Bij welke snelheid gaat een vliegtuig door de geluidsbarrière?

4

Jan beweert dat lage tonen zich veel langzamer voortplanten dan hoge tonen. Annemiek beweert dat lage en hoge tonen even snel gaan. Wie heeft er volgens jou gelijk? Bedenk eens een voorbeeld waaruit dat blijkt?

## W 5 Resonantie

1

Een trompet is een klein blaasinstrument.

Een sousafoon is een groot blaasinstrument.

Wat weet je van de tonen die de instrumenten voortbrengen?

2

Denk je dat het mogelijk is om een glas kapot te „zingen“?

3

Het oor heeft erg veel eigen frequenties. Waarom is dat belangrijk?

4

Niet alleen bij geluidstrillingen komt resonantie voor. Probeer zelf een aantal voorbeelden ervan te geven.

# Blok 24 Herhaalstof

## H 1 geluid en begrippen

### Trillingen

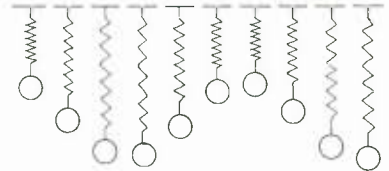
Geluid ontstaat door een trilling (geluidsbron). Daardoor gaat een tussenstof trillen (bijv. lucht) en in de ontvanger (bijv. oor) wordt de **trilling** omgezet in een elektrisch signaal.

Trilling speelt een belangrijke rol bij geluid en de grootheden die bij trillingen van belang zijn, zijn ook voor geluid van belang.

### Vraag 1

Hiernaast zie je een aantal opnamen van een trillende veer waar een massa aan hangt.

- Op welke tijdstippen is de veer + massa in een uiterste stand?
- Op welk tijdstip is de veer + massa in de evenwichtsstand?
- Je kunt zeer nauwkeurig de evenwichtsstand van een trilling bepalen. Hoe?



De uitwijking van de veer in de uiterste stand noemen we de amplitudo van de veer

### Vraag 2

In de tabel hiernaast is op een aantal tijdstippen de uitwijking van een trillende veer gegeven.

Op  $t = 0,3$  s is de veer in zijn uiterste stand.

Hoe groot is de amplitudo van de veer?

tabel 1

t (in s)	u (uitwijking) in 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

In tabel 2 is van een trillende veer gegeven wanneer de veer in de uiterste stand is en wanneer de veer door de evenwichtsstand gaat.

tabel 2

t (in s)	u (in cm)
0	0
0,5	3,0
1,0	0
1,5	-3,0
2,0	0

### Vraag 3

Teken de stand van de veer op

$t = 0$  s;  $t = 0,5$  s;  $t = 1,0$  s;  $t = 1,5$  s en  $t = 2,0$  s.

### Vraag 4

Hoe lang doet de veer over één hele trilling?

De tijd die nodig is voor één hele trilling noemen we de trillingstijd van de trilling.

Soms is het handig om in plaats van de tijdsduur van 1 trilling het aantal trillingen die in 1 seconde wordt uitgevoerd te kennen.

De frequentie van een trilling is het aantal trillingen dat in één seconde wordt uitgevoerd.

### Vraag 5

Een trilling van een trillende snaar duurt 0,5 s. Hoe groot is de frequentie van de trilling?

### Vraag 6

In 3 sekonde voert een trillende veer 12 trillingen uit. Hoe groot is de frequentie van de trilling?

### Symbolen en eenheden

In de tabel hieronder staan alle trillingsgrootheden met hun symbolen en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid
uitwijking	$u$	cm of m
amplitudo	$A$	cm of m
trillingstijd	$T$	s
frequentie	$f$	Hz (Herz)

### Vraag 7

Van een trilling is  $T = 0,5$  s.  
Hoe groot is  $f$ ?

### Vraag 8

Van een trilling is  $f = 2$  Hz.  
a. Bepaal voor deze trilling het aantal trillingen per sekonde.  
b. Hoe groot is  $T$ ?

Trillingen kun je zichtbaar maken.

Je kunt bijvoorbeeld onder een trillend potlood door een vel papier trekken. Geluidstrillingen maak je zichtbaar met een oscilloscoop. Je krijgt dan een uitwijking-tijd-diagram.

Hiernaast zie je een voorbeeld van een uitwijking-tijd-diagram. Zo'n diagram bevat veel informatie van de trilling.

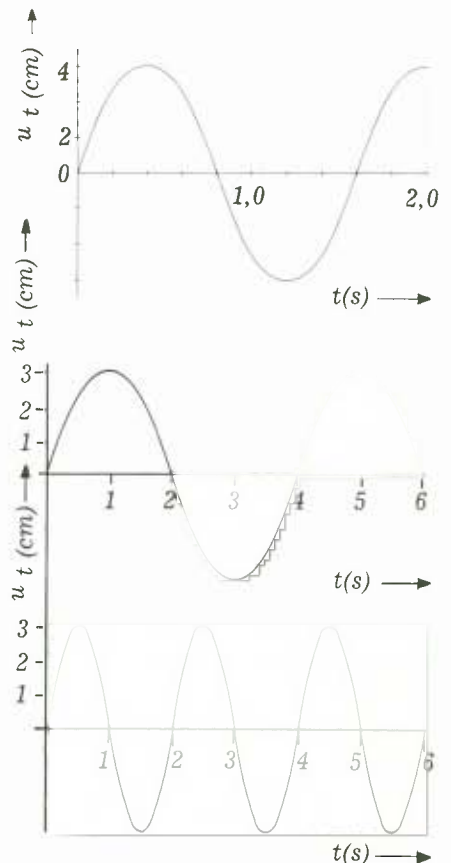
1. De **amplitudo**: de uitwijking in de uiterste stand is 4,0 cm (op  $t = 0$  s;  $t = 1,0$  s en  $t = 2,0$  s).
2. De **uitwijking op elk tijdstip**
3. De **trillingstijd**.  
Een trilling duurt 2,0 s en dus  $T = 2,0$  s.

### Vraag 9

Bepaal met behulp van het u-t-diagram hiernaast A en T. Bereken  $f$ .

### Vraag 10

- a. Waarom zou men de trilling hiernaast een gedempte trilling noemen?
- b. Geef een voorbeeld van een gedempte trilling.



## H 2 Geluiden om je heen

Bij geluiden kun je altijd onderscheiden:

- geluidsbronnen;
- tussenstof of medium;
- geluidsontvangers.

### Voorbeeld:

Wanneer je een vliegtuig hoort, dan mag je het vliegtuig beschouwen als de geluidsbron, de lucht als de tussenstof en je oor als de ontvanger.

### Vraag 1

- Noem 5 geluidsbronnen;
- Noem 2 geluidsontvangers.

In geluidsstudio's is het van belang dat bepaalde ruimten geluiddicht zijn. In dergelijke studio's worden ramen gebruikt van dubbel glas met daartussen ruimte waaruit de lucht is weggezogen.

### Vraag 2

Waarom gebruiken ze dit soort ramen?

Zoek in P 1 een proef op waarmee je het effect van deze ramen kunt nabootsen. Voer de proef nog eens uit.

### Vraag 3

Om geluidsoverlast voor en door burenen te voorkomen worden tegenwoordig de ankers wel weggelaten tussen de spouwmuren. Leg uit waarom weglaten van ankers de geluidsisolatie verbetert.

Geluid gaat altijd samen met beweging van voorwerpen.

### Vraag 4

Welke beweging is oorzaak van de geluiden bij de volgende bronnen?

- een stilstaande auto met draaiende motor;
- een radio.

De geluidsbron brengt de tussenstof in trilling. In het geval van een draaiende propellor in de lucht worden de luchtdeeltjes afwisselend samengedruwd en uitgerekt.

Je oor (en ook een mikrofoon) ontvangt deze trillingen van de lucht. Bekijk het verhaal over het oor uit T 5.

### Vraag 5

Wat is de functie van het trommelvlies in het oor?

We zeggen dat het trommelvlies resoneert met de geluidstrilling.

Meetrillen of resoneren komt vaak voor. Denk aan een rammelend spatbord op een brommer.

Hieronder ga je een proef doen over resonantie.

### Proef

Neem een cilinderglas met water en een stemvork (a<sup>1</sup>).

Hang met behulp van statiefmateriaal de stemvork boven de cilinder.

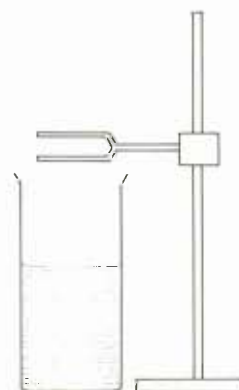
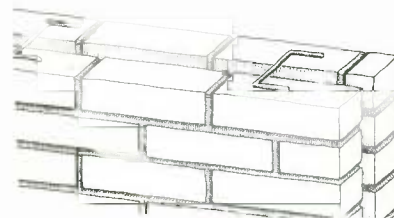
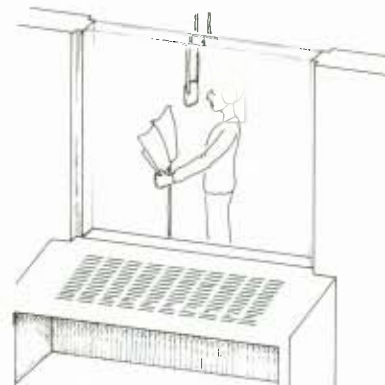
Vul de cilinder met water tot 30 cm van de rand. Sla de stemvork aan.

Giet water in de cilinder zodat het water 29 cm van de rand staat en sla de stemvork aan.

Ga door tot het water 15 cm van de rand staat. Schrijf op wat je opvalt.

Bij een bepaalde hoogte van de luchtkolom bij de proef hierboven gaat de lucht met de stemvork resoneren en je hoort de toon van de stemvork erg duidelijk.

De luchtkolom heeft bij die lengte een **eigenfrequentie** die past bij de frequentie van de stemvork.



### Vraag 6

Je kunt onder de stemvork (frequentie van 440 Hz) een klankkast bevestigen.

Wat is een eigenfrequentie van de klankkast? Waarom?

Sommige voorwerpen hebben vele eigenfrequenties. Denk maar eens aan het trommelvlies in je oor. Dat resoneert met lage tonen en hoge tonen.

### Vraag 7

Wat is het frequentiebereik van het oor?

Muziekinstrumenten hebben ook klankkasten.

### Vraag 8

Hebben klankkasten van muziekinstrumenten veel of weinig eigenfrequenties? Waarom?

## H 3 Meten aan geluid

Belangrijke apparaten die je in dit blok hebt gebruikt zijn: de decibelmeter; de mikrofoon; de oscilloscoop. Je bepaalde daarmee grootheden die met geluid te maken hebben zoals de geluidsterkte en de toonhoogte (trillingstijd).

Met eenvoudiger apparaten bepaalde je de geluidssnelheid.

### Geluidsterkte

Met de decibelmeter kun je de geluidsterkte van geluidsbronnen bepalen.

### Proef 1

Bepaal met de decibelmeter de geluidsterkte van een aantal bronnen:

- het geluidsnivo in de klas;
- een passerende brommer;
- een passerende auto;
- (eventueel) een overvliegend vliegtuig.

Uit de proef heb je kunnen afleiden dat het veel uitmaakt hoe je de meter houdt. Hoe verder je van de bron komt hoe zwakker het geluid. De afstand is dus ook belangrijk.

Als je geluidsmetingen uitvoert is het belangrijk dat je in het verslag van de metingen omschrijft hoe je gemeten hebt.

### Opdracht

(Neem eerst contact op met je leraar).

Bepaal de geluidsterkte in een discotheek.

Konklusies!

### Oscilloscoopbeelden

Een oscilloscoop is een apparaat waarmee je elektrische trillingen zichtbaar kunt maken. Met een mikrofoon kun je geluidstrillingen omzetten in elektrische trillingen.

Oscilloscoop + mikrofoon is een goede combinatie om geluidstrillingen te bestuderen.

Uit het oscilloscoopbeeld van een geluidstrilling kun je de trillingstijd van de trilling bepalen.

### Voorbeeld

Hiernaast zie je het scoopbeeld van een geluidstrilling.

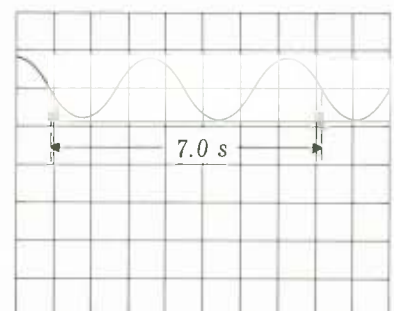
De knop time/div staat op 0,1 s.

Elk hokje langs de horizontale as komt overeen met 0,1 s.

Een hele trilling komt overeen met  $3\frac{1}{2}$  hokje.

De trillingstijd is dan  $3\frac{1}{2} \times 0,15 = 0,35$  s.

Dus  $T = 0,35$  s.





## Proef 2

Sluit een mikrofoon aan op de oscilloscoop en onderzoek geluiden:

- a. Vergelijk sterke geluiden met zwakke geluiden. Wat voor verschil zie je tussen een sterk en een zwak geluid op de scoop?

---

---

---

- b. Onderzoek hoge en lage tonen.

(Gebruik daarvoor de toongenerator)

Teken het beeld van een hoge en een lage toon op ruitjespapier (zet langs de horizontale as de schaalverdeling).

Wat voor verschil zie je?

---

---

---

Waarin verschillen hoge tonen van lage tonen?

---

## De geluidssnelheid

Het geluid doet er enige tijd over om van de bron naar de ontvanger te komen. Geluid plant zich met een bepaalde snelheid voort. In T 4 staat een tabel met de geluidssnelheid in verschillende tussenstoffen.

### Vraag 1

- a. Hoe groot is de geluidssnelheid in lucht?  
b. Hoe snel moet een vliegtuig vliegen om door de geluidsbarrière te gaan?

De geluidssnelheid hangt af van de soort tussenstof.

De ene stof geeft geluid beter door dan een andere.

### Vraag 2

In een onweersbui meet iemand de tijd op tussen de lichtflits en het gerommel: 5 s. Hoever was de bliksem bij hem vandaan?

## H 1 Antwoordblad

### Vraag 1

- Tussen 0,31 s en 0,45 s; op  $t = 0,98$  s.
- Dat is moeilijk te zien: 0,21 s.
- Door de veer stil te hangen.

### Vraag 2

0,8 cm.

### Vraag 4

2,0 s.

### Vraag 5

Eén trilling in 0,5 s betekent twee trillingen in 1 s.  
De frequentie is dan 2 Hz.

### Vraag 6

4 Hz.

### Vraag 7

$f = 2$  Hz.

### Vraag 8

- 2 trillingen per seconde.
- 0,5 s.

### Vraag 9

$A = 3,0$  cm en  $T = 8,0$  s.

1 trilling duurt 8 s. De frequentie is dan  $\frac{1}{8}$  trilling per seconde.

Dus  $f = 0,125$  Hz.

### Vraag 10

- De amplitudo wordt kleiner.
- Een trillende veer.

## H 2 Antwoordblad

1

- Radio, brommer, stem, gitaar, leraar.
- oor, microfoon.

2

Er is altijd een tussenstof nodig om geluid van de bron naar de ontvanger te brengen. Door de lucht tussen de ramen weg te zuigen, verwijder je de tussenstof en zal de ontvanger niets van de bron horen. De geluidsopname in de studio wordt niet gestoord door geluiden van buiten. De proef waarmee je dit kunt nabootsen is de proef met de bel onder de glazen stolp.

3

De ankers blijken het geluid van de bron naar de ontvanger goed over te brengen. Door ze weg te laten verminder je de geluidsoverlast (alleen lucht blijft als tussenstof over).

4

- De draaiende delen in de motor.
- De trilling in de konus van de luidspreker.

5

Het trommelvlies gaat trillen als geluid het oor bereikt. Door de trilling van het vlies wordt de lucht erachter samengedrukt en uitgerekt. We horen!

6

Een eigenfrequentie van de klankkast is 440 Hz. De gedwongen-frequentie is namelijk 440 Hz (stemvork) en je krijgt resonantie als de gedwongen-frequentie gelijk is aan de eigenfrequentie.

7

20 Hz - 20.000 Hz.

(Verschilt per persoon en leeftijdsgroep).

8

Veel eigenfrequenties. Er moeten veel verschillende tonen voortgebracht worden.

## H 3 Antwoordblad

### Proef 2

a. Sterke geluiden hebben een grotere amplitudo.

In de tekening hiernaast zie je een sterk en een zwak signaal in een figuur getekend.

b. Hoge tonen hebben een grote frequentie; lage tonen hebben een lage frequentie. Hiernaast zie je het scoopbeeld van een lage toon en een hoge toon in een figuur.

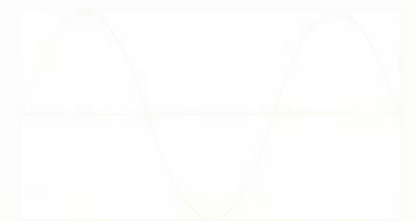
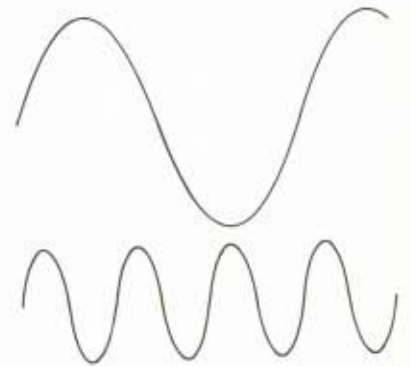
### Vraag 1

a. 340 meter per seconde of 1124 kilometer per uur.

b. 340 m/s of 1124 km/h.

### Vraag 2

Ongeveer  $10 \times 340 \text{ m} = 3400 \text{ m}$ .



## 162 Spelen met de oscilloscoop

### Inleiding

In dit blok heb je leren werken met een oscilloscoop. Je hebt gezien hoe je een geluidstrilling op het scherm zichtbaar kon maken.

De geluidstrillingen worden daarvoor eerst omgezet in elektrische trillingen. Deze trillingen, waarbij de elektrische spanning voortdurend van grootte verandert, sluiten we dan op de scoop aan.

Met een scoop kunnen we de **amplitudo** en de **frequentie** van deze elektrische trilling zichtbaar maken maar ook meten.

Maar in dit blad ga je meer spelen dan meten. Er zijn nog veel experimenten te doen met de scoop. Je hebt dan wel een scoop nodig met **twee ingangen** ( $Y_A$  en  $Y_B$ ).

### Opdracht 1

Je moet nu eerst vertrouwd raken met het werken met twee ingangen ( $Y_A$  en  $Y_B$ ).

a Sluit een generator, die elektrische spanningen levert, aan op ingang  $Y_A$ .

**Let op:** als je maar één generator tot je beschikking hebt, neem je in opdracht 1a. een transformator, die op het lichtnet kan worden aangesloten. Stel de time/div-knop in op 5 m sec. Draai aan de volt/div-knop, totdat je een duidelijk beeld hebt op het scherm.

Als je wel een generator (= generator I) kunt gebruiken, stel de frequentie dan in op 50 Hz. Dit doe je met de draaischijf en de knoppen van de generator. Stel de time/div-knop in op 5 m s. Draai aan de volt/div-knop, totdat je een duidelijk beeld hebt op het scherm.

b. Sluit de tweede generator (of als je eerst een transformator gebruikte, de eerste generator) aan op de ingang  $Y_B$ . Zet de frequentie op 50 Hz. Maak beide trillingen (dus van  $Y_A$  en  $Y_B$ ) zichtbaar op het scherm.

Tot nu toe is er weinig nieuws te zien geweest. Maar dat gaan we veranderen.

### Opdracht 2

Breng het signaal van de ingang  $Y_B$  over op de ingang  $X_{ampl}$  (zie tekening hiernaast).

Wat zie je op het scherm?

Een dergelijk figuur noemen we een Lissajous-figuur. De Franse fysicus Lissajous (1822-1880) heeft deze trillingsfiguren voor het eerst onderzocht.

Probeer zelf een aantal andere Lissajous-figuren te maken door de frequenties van beide generatoren (of één van beide) te veranderen.

### Wat gebeurt er eigenlijk?

De lichtbundel in de scoop gaat aan twee trillingen tegelijk meedoen. De ene beweging ontstaat door de elektrische spanning in  $Y_A$ . De andere beweging ontstaat door de elektrische spanning in  $X_{ampl}$ . Samen levert dit dan een figuur op, zoals die op het scherm van de scoop te zien is.

### Opdracht 3

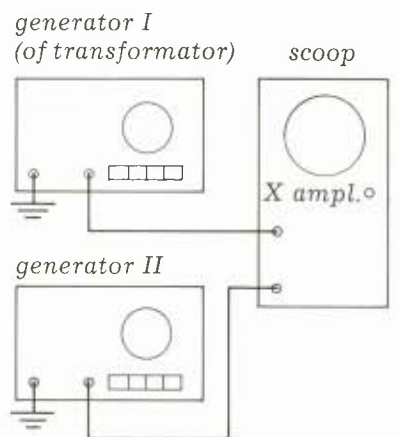
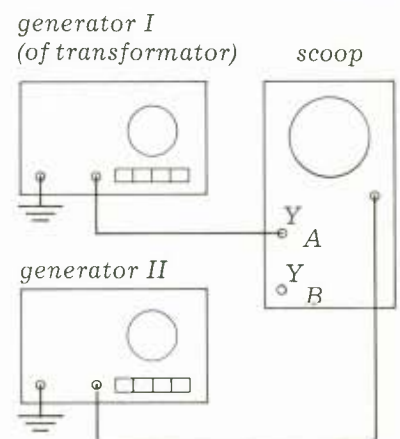
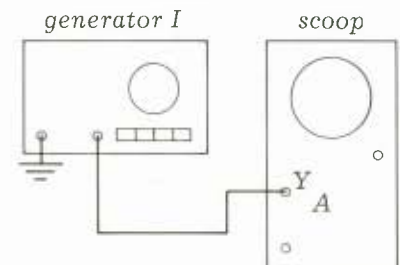
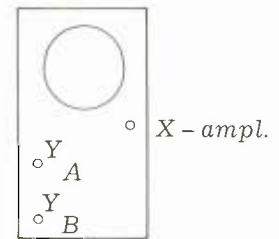
Voor de laatste opdracht van dit blad heb je een apparaatje nodig, waarin allerlei weerstanden en condensatoren zijn gesoldeerd (vraag dit aan de leraar of de amanuensis).

Sluit generator I (of de transformator) aan op ingang I van het doosje. Sluit vervolgens uitgang I aan op de  $Y_A$ -ingang van de scoop.

Wat zie je?

Wat gebeurt er blijkbaar in het doosje met de elektrische trilling uit generator I?

schema van scoop



Sluit generator II aan op ingang II van het doosje. Sluit vervolgens uitgang II aan op de  $X_{\text{ampl}}$ -ingang van de scope (de time/div-knop staat nog steeds op  $X_{\text{ampl}}$ ).

Wat zie je?

Wat gebeurt er zichtbaar in het doosje met de elektrische trilling uit generator II?

Probeer zelf een aantal andere figuren te maken door de knopjes op het doosjes te gebruiken.

Wat gebeurt er eigenlijk?

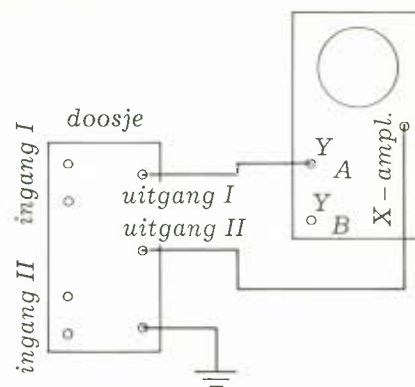
De elektrische schakeling in het doosje maakt van het inkomende signaal een cirkel. Deze cirkel-beweging sluiten we aan op de  $Y_A$ -ingang.

Een tweede cirkelbeweging sluiten we aan op de X-ampl.-ingang. Samen levert dit dan de figuur op, zoals die op het scherm van de scope te zien is.

Als beide bewegingen dezelfde richting hebben, spreken van een **epicycle**.

Als beide bewegingen een tegengestelde richting hebben, spreken we van een **hypocycle**.

Met behulp van de schakelaar op het doosje kan een epicycle overgaan in een hypocycle of omgekeerd.



## 163 Bepalen van de geluidssnelheid

Met een dubbelstraaloscilloscoop kunnen 2 trillingen tegelijk zichtbaar worden gemaakt door de 2 signalen aan 2 ingangen toe te voeren. Met zo'n apparaat is de geluidssnelheid in de lucht te bepalen volgens de proefopstelling van de figuur hiernaast.

We zetten de 2 microfoons op gelijke afstand van de bron.

- a. We schuiven één microfoon verder weg van de bron.  
Verklaar wat je op het scherm ziet.

.....

.....

- b. Schuif de microfoon zo ver weg dat de signalen weer over elkaar vallen.  
Waarom verschilt de amplitudo?

.....

.....

- c. Het geluid doet er nu 1 trillingstijd over om van microfoon 1 naar microfoon 2 te komen.

Bepaal T.  $T = \dots\dots\dots$  s.

Bepaal de afstand tussen de microfoons.

$\dots\dots\dots$  cm.

Bereken de snelheid in  $\dots\dots\dots$  meter per seconde.

