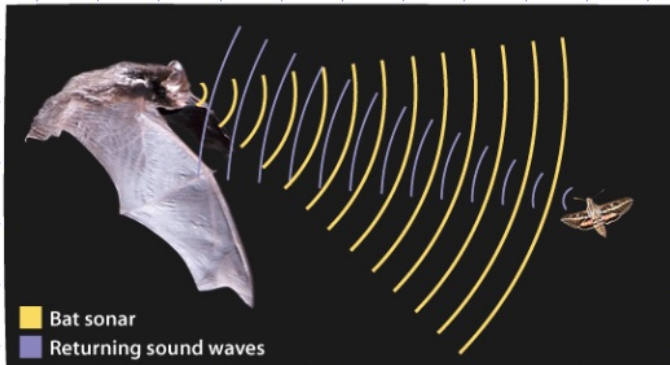
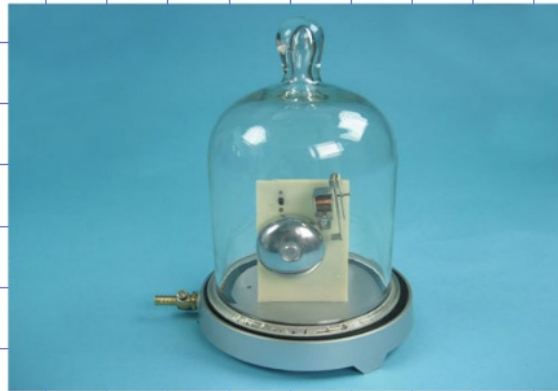
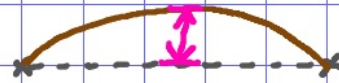


# Hoofdstuk 8 Geluid



## Je zult succesvol zijn op het proefwerk als...

- §8.1 A. Je voorbeelden kunt noemen van **geluidsbronnen**.  
B. Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het **bron-medium-ontvangermodel** en dit kunt herkennen in situaties.  
C. Je kunt uitleggen wat de termen **amplitude** en **evenwichtsstand** met **geluidsterkte** te maken hebben.  
D. Je kunt uitleggen wat **frequentie** van een trilling is en hoe dat te maken heeft met **toonhoogte**.
- §8.2 E. Je kunt rekenen aan de **snelheid van geluid** met de **snelheidsformule**:
- §8.3 F. Je kunt **rekenen aan trillingstijd en frequentie** met de formules:  
G. Je kunt een frequentie en trillingstijd **uitrekenen uit een oscilloscoopbeeld**.
- §8.4 H. Je weet welke invloed de **dikte/massa**, de **lengte** en de **spanning** hebben op de **eigenfrequentie** van een bron.



$$v = \frac{s}{t}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{en} \quad T = \frac{1}{f}$$

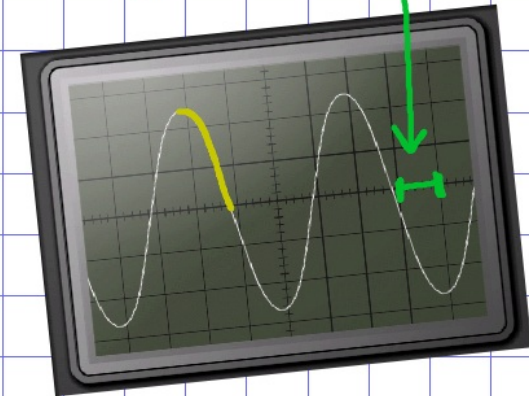
Let op: je hoeft geen geluidssnelheden uit je hoofd te leren!

lucht (20 °C), v = 343 m/s
lucht (0 °C), v = 332 m/s
water (0 °C), v = 1403 m/s
water (20 °C), v = 1484 m/s
rubber (20 °C), v = 50 m/s
ijzer (20 °C), v = 5100 m/s



### Oscilloscoop aflezen:

1. Zoek een **enkele trilling** in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af **hoeveel hokjes** de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de **tijdbasis**. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.



Welke grootheden en eenheden komen voor in dit hoofdstuk?

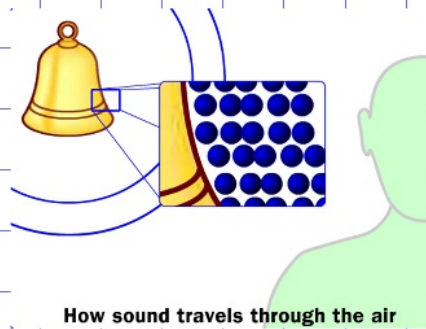
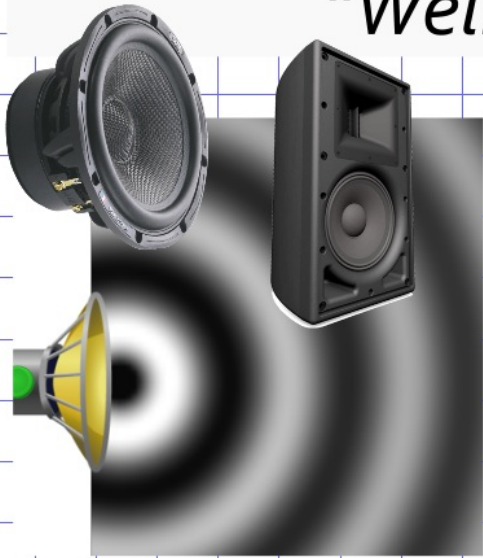
	Grootheid	symbool in formule	Eenheid	symbool in eindantwoord
§2	afstand	s	meter	m
	tijdsduur	t	seconde	s
	snelheid	v	meter per seconde	m/s
§3	frequentie	f	hertz	Hz
	trillingstijd	T	seconde	s

## Hoofdstuk 8: Geluid

### - *CONTEXT* -

De volgende pagina's geven interessante achtergrondinformatie bij de stof van dit hoofdstuk zoals voorbeelden uit de natuur van de verschijnselen of technische toepassingen van de natuurkundige inzichten bij deze verschijnselen. Zulke achtergrond informatie heet ook wel context. Het is niet noodzakelijk om deze pagina's te bestuderen voor het proefwerk maar het is wel interessante kennis!

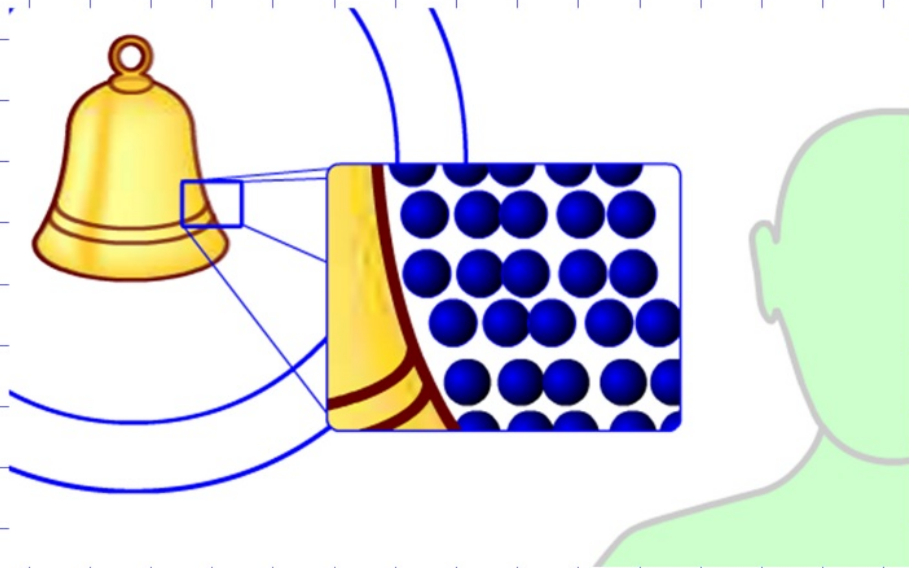
# "Welke trillingen veroorzaken geluid?"



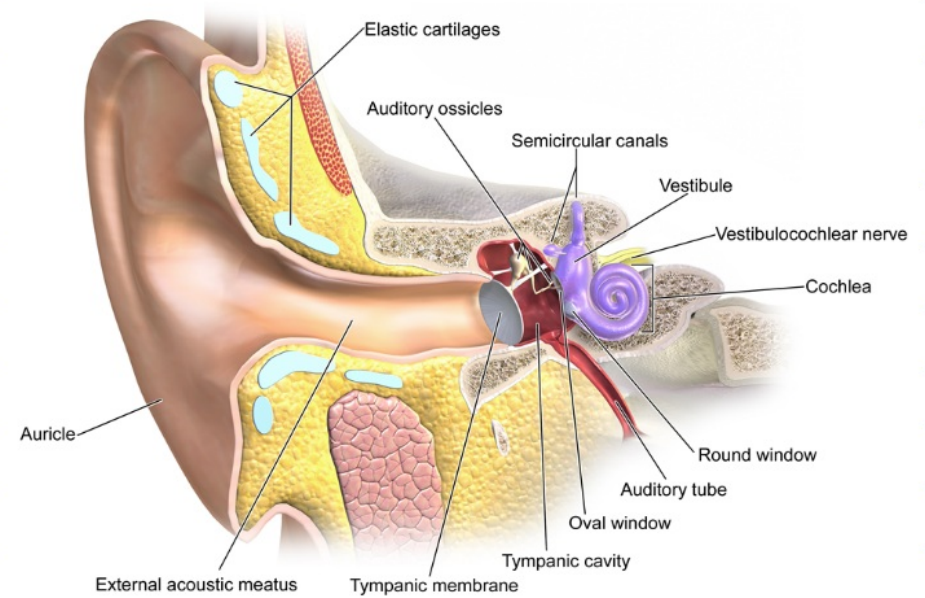
How sound travels through the air



# "Wat is geluid en hoe komt het dat je dingen kunt horen?"

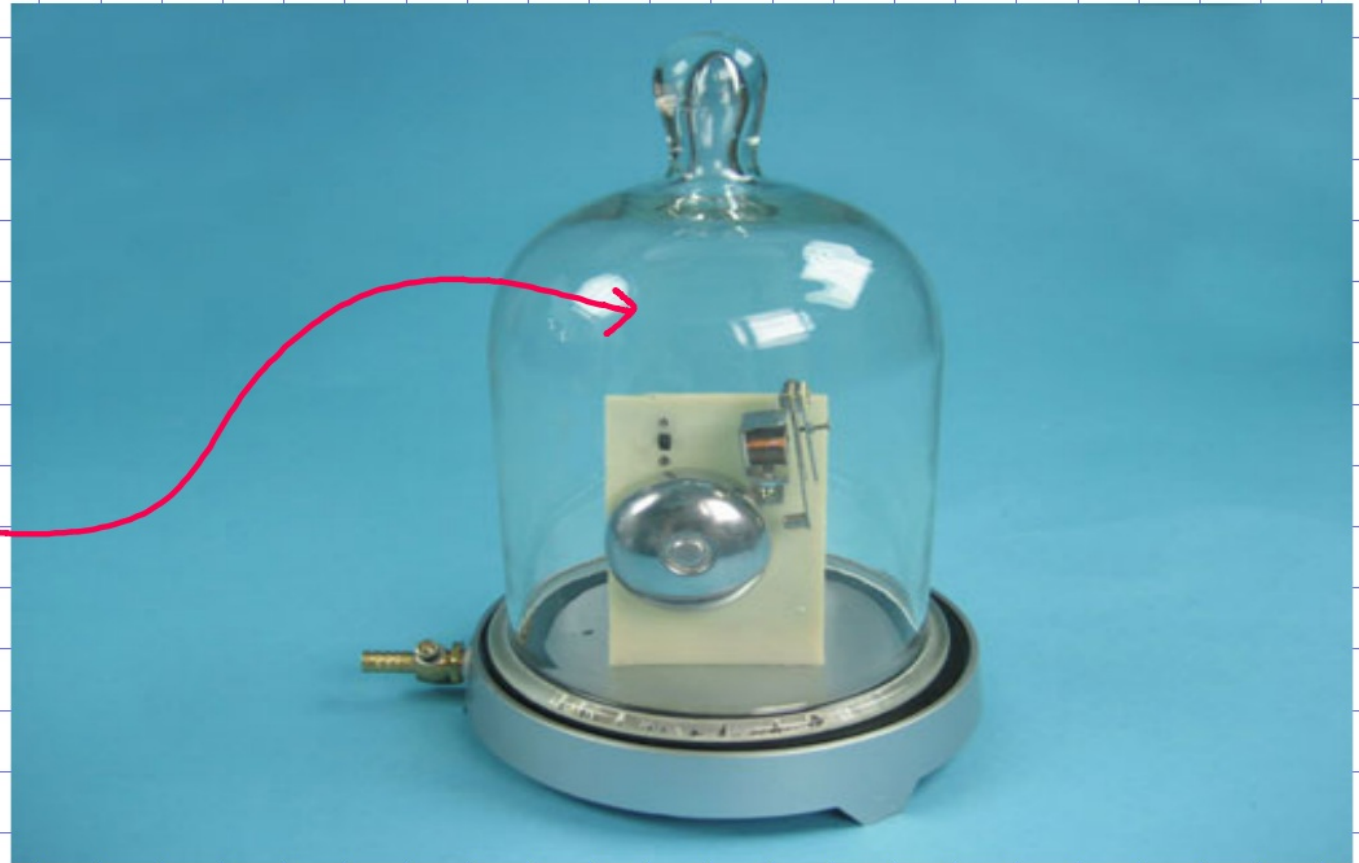


bron — medium — ontvanger

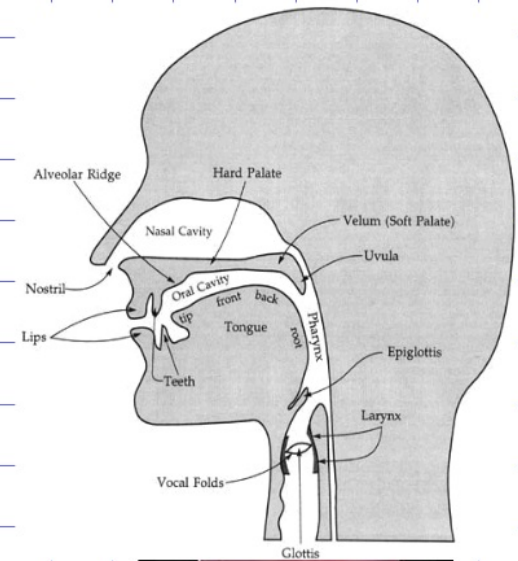


The Anatomy of the Ear

"Wat gebeurt er met het geluid van de bel als we de ~~lucht~~ onder de stolp wegpompen?"



*"Waarom klink je stem hoger als je helium hebt geïnhaleerd?"*

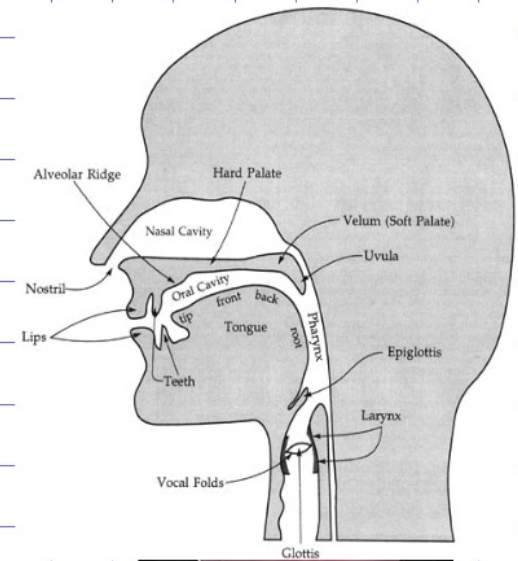
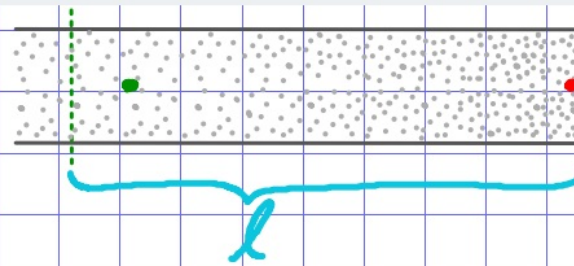


[Morgan Freeman and Jimmy Fallon on Helium \(YouTube\)](#)

[Adam Savage, Helium vs Sulfur Hexafluoride \(YouTube\)](#)



"Waarom klink je stem hoger als je helium hebt geïnhaleerd?"



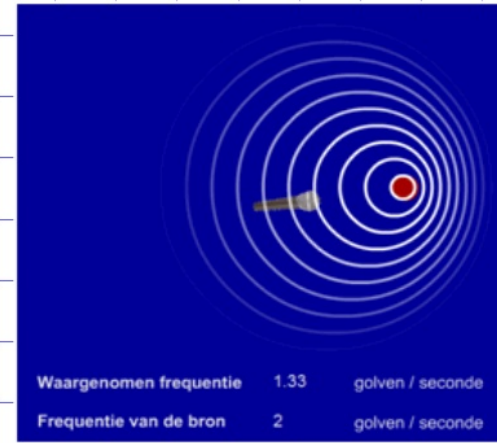
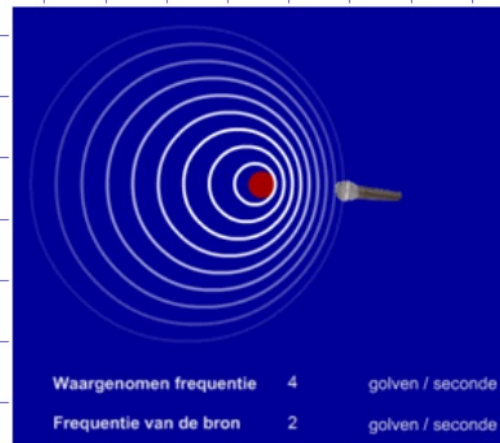
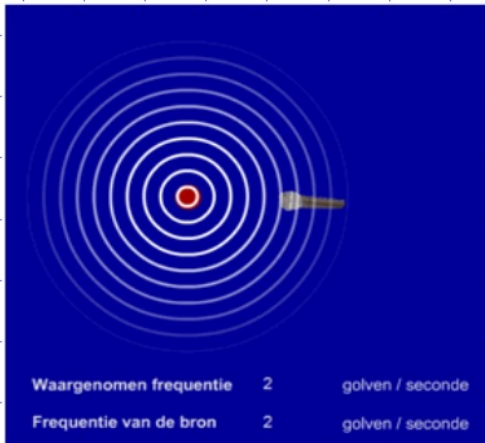
$$l = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

$l$  → lengte v.d. pijp  
 $n$  → gehele getallen invullen voor  $n$

← golflengte die op diens beurt weer gerelateerd is aan  $f$  en  $v$

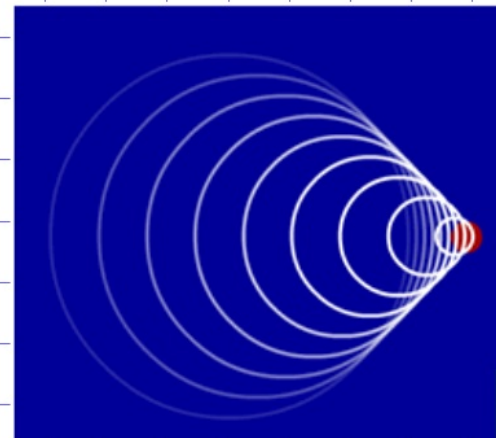
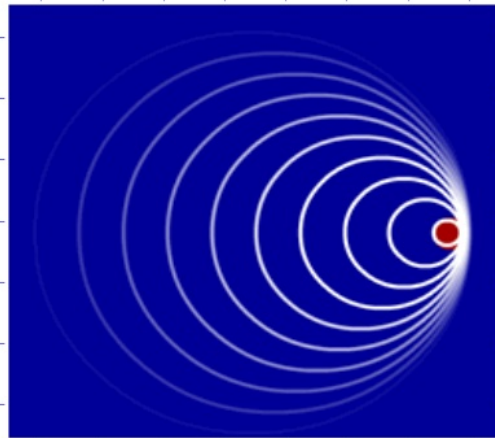
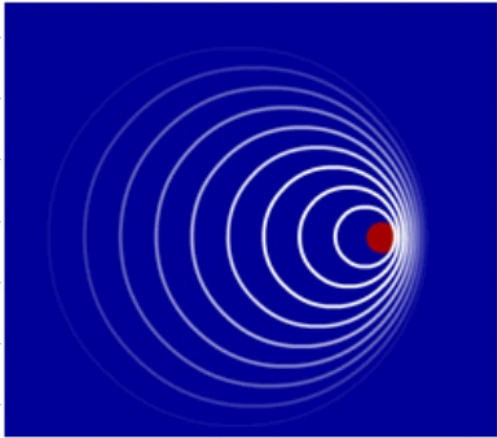
$\lambda = \frac{v}{f}$   
 ↳ golsnelheid hangt alleen van het medium af  
 ↳ frequentie hangt alleen van de bron af

# "Hoe ontstaat het Doppler-effect?"



Doppler (Animatie, Emb)

# "Hoe ontstaat de supersonische knal?"



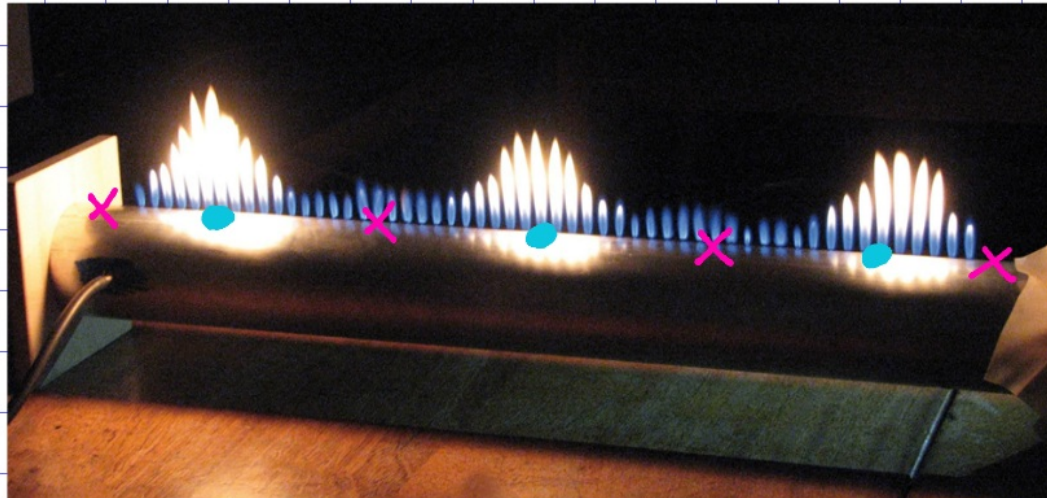
Doppler (Animatie, Emb)

Sonic Boom  
Compilatie (YouTube)

*"Hoe ontstaat dit vlammenpatroon?"*



# "Hoe zijn staande golven zichtbaar te maken?"



B K B

B K B K B  
2x open

B K grondtoon

B K B K 1e boventoon  
1x open 1x dicht

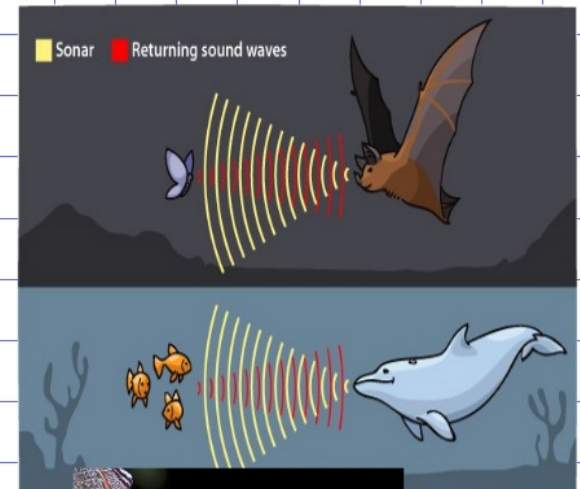
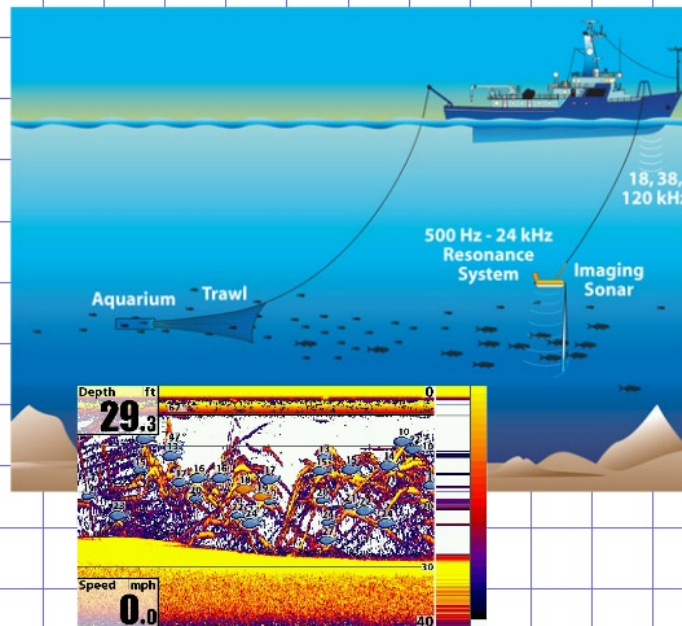
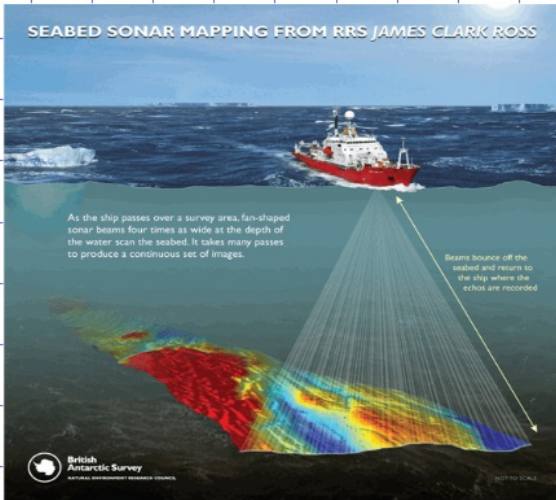
▲ **Figuur 9.22** Grondtoon en boventonen bij blaasinstrumenten

K = knoop, dus  
stilstaande lucht

X = stilstaand gas, maximale drukvariatie

● = maximale positievariatie v. d. moleculen, Constante druk

# "Hoe werkt sonar?"



*"Hoe ver is het onweer bij je vandaan?"*



# "Hoe kun je trillingen analyseren met een oscilloscoop?"

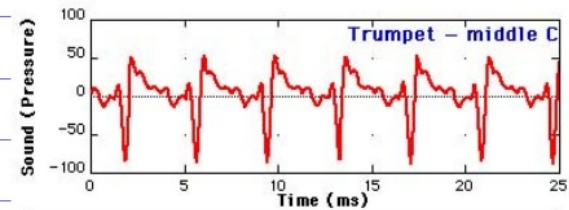
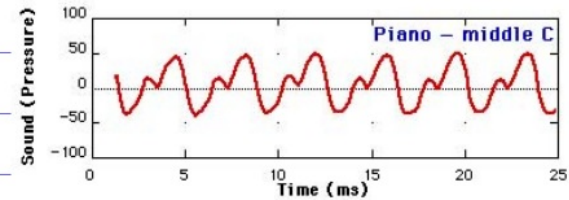
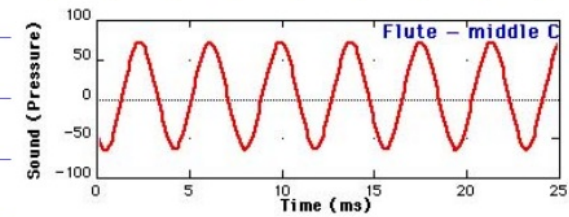
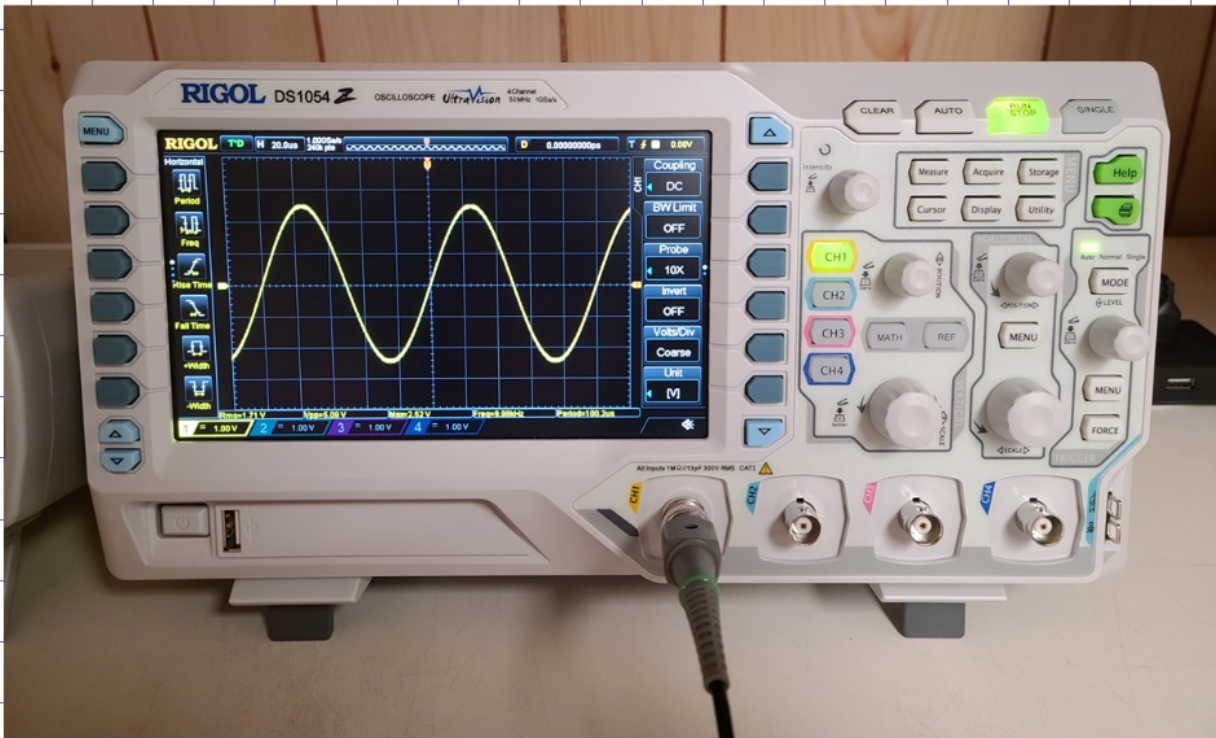
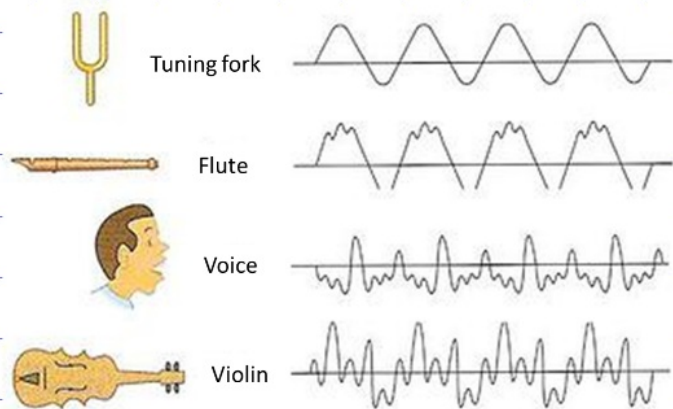


Figure 12.10 Middle C has the same fundamental frequency when played on different instruments. However the collection overtones or harmonics is different for different instruments these provide the quality, timbre, or voice that makes instruments distinct.



# "Waardoor krijgen instrumenten hun klankkleur?"



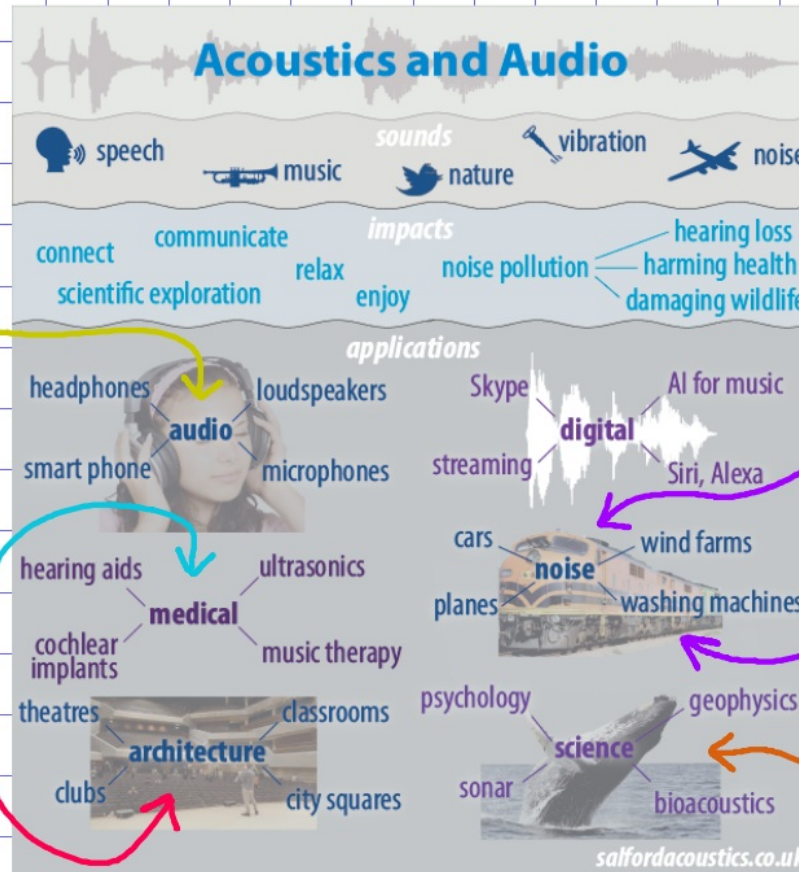
← ruwe klank → zuivere klank



# "In welke vakgebieden worden (geluids)trillingen bestudeerd?"



audioapparatuur



geluidshinder van vliegtuigen



Hearing aid is the boon for those who are impaired

gehoorimplantaten



geluidshinder van apparaten

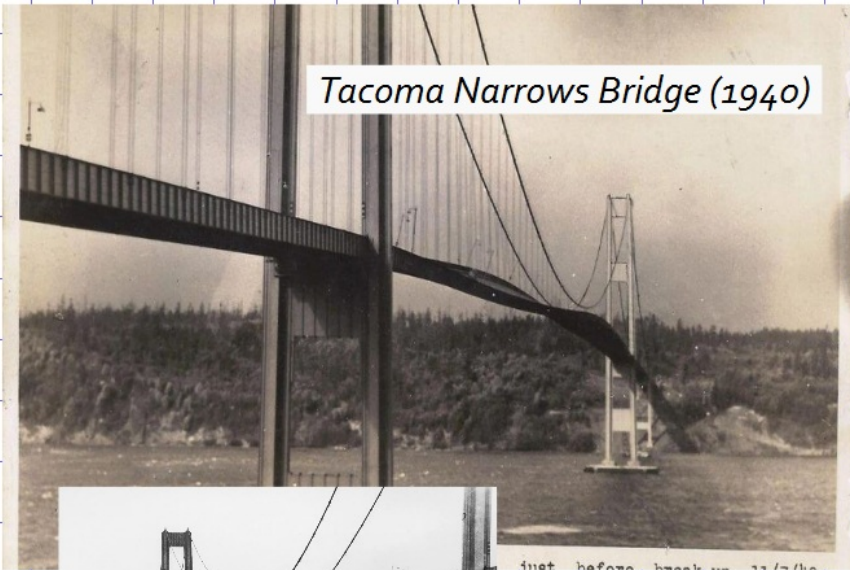


akoestiek van gebouwen



biologie en psychologie

# "Hoe moeten bouwkundigen rekening houden met trillingen?"



Tacoma Narrows Bridge (1940)



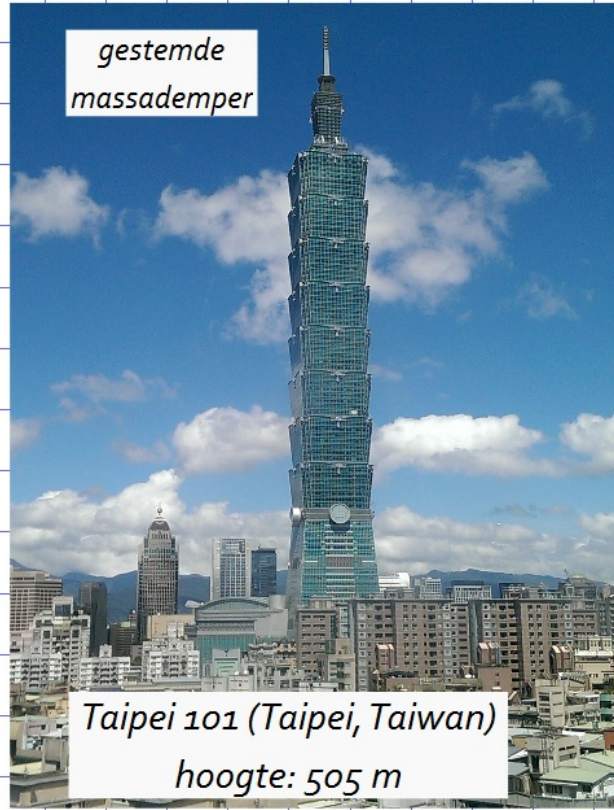
[Tacoma Narrows Bridge \(YouTube\)](#)



Erasmusbrug (1996)

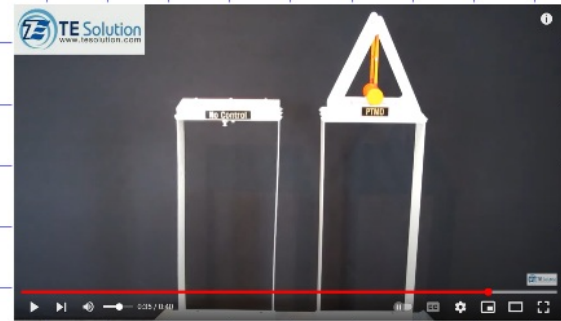
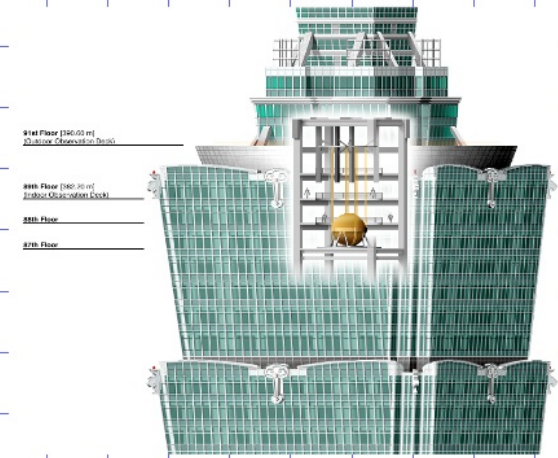


# "Hoe moeten bouwkundigen rekening houden met trillingen?"



gestemde  
massademper

Taipei 101 (Taipei, Taiwan)  
hoogte: 505 m



Gestemde Massademper

# "Hoe maken instrumenten verschillende toonhoogten?"



*"Kun je een glas kapotmaken met je stem?"*



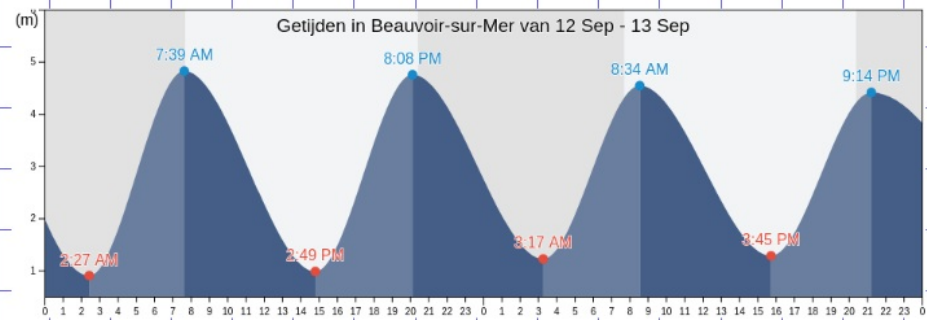
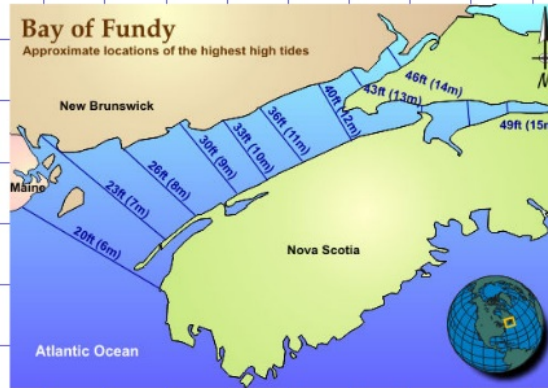
Glas breken met stem  
(Physics Girl, YouTube)



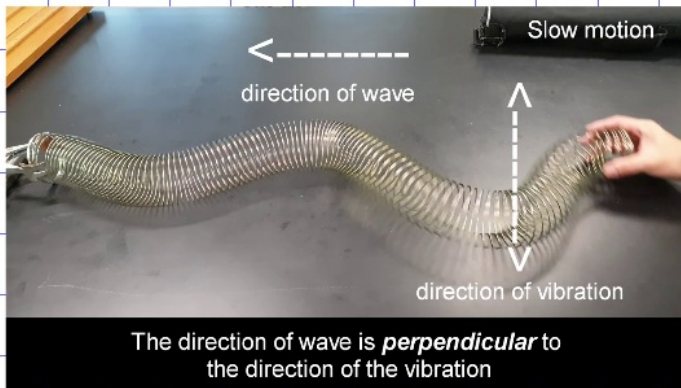
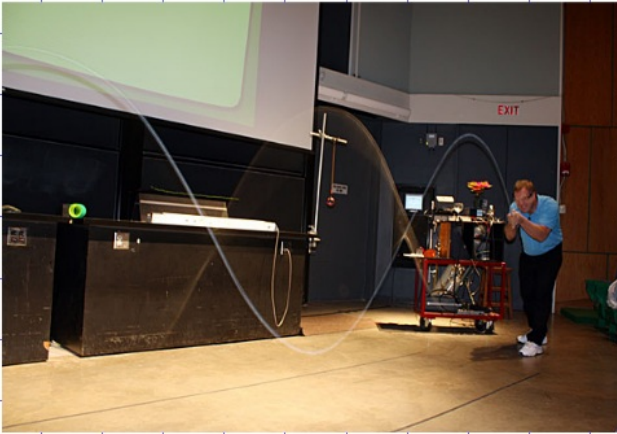
Glas breken met luidspreker  
(YouTube)



*"Hoe hoog staat het water vanmiddag om 13.00u?"*



# "Welke mechanische golven zijn er?"

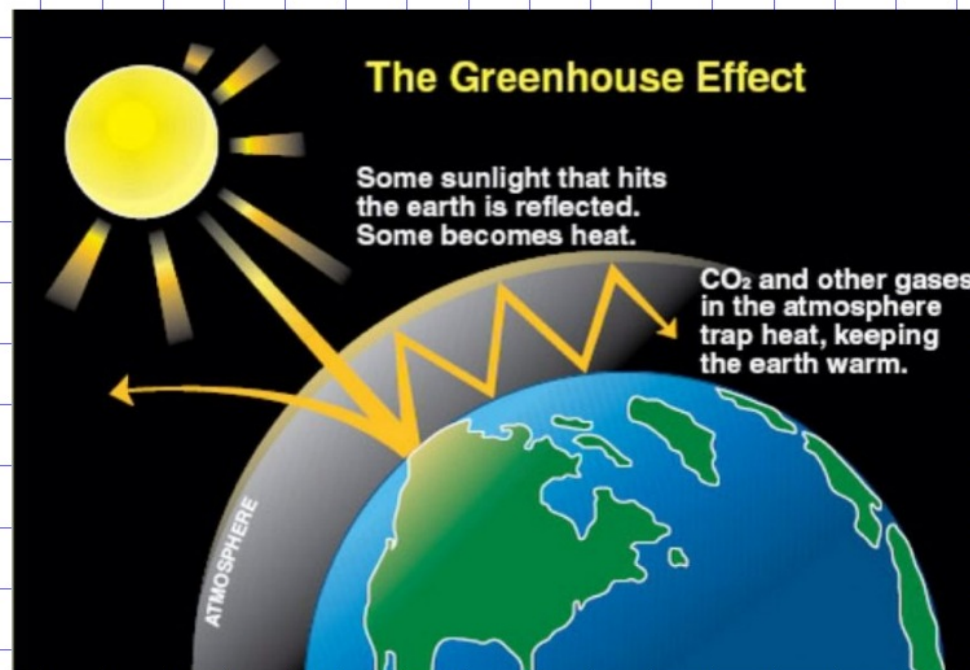
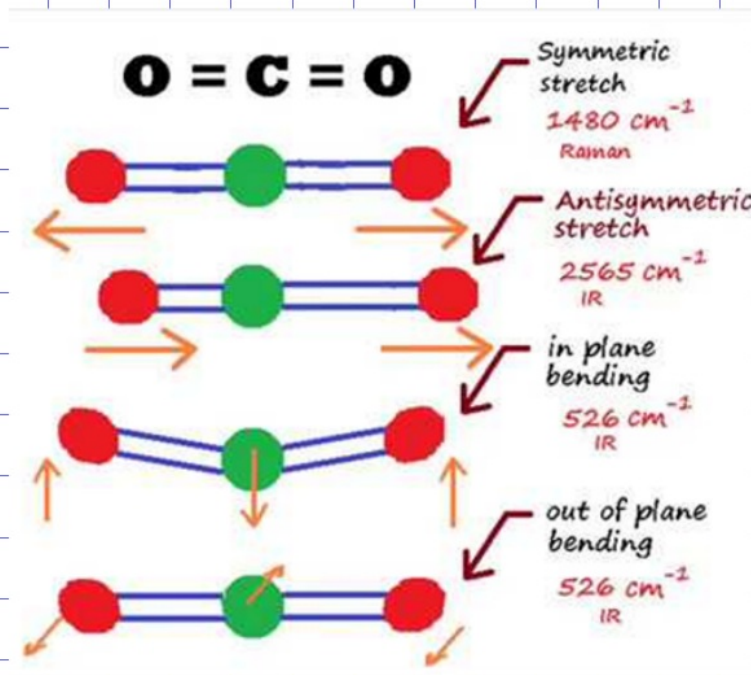




# "Hoe werken antennes?"



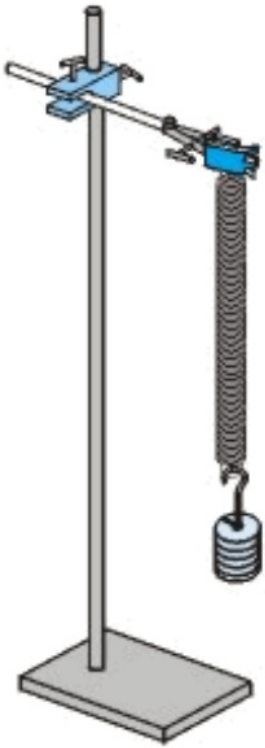
# "Hoe zijn trillingen op atomaire schaal belangrijk?"



*"Met welk ritme moet je duwen om de schommel steeds hoger te laten gaan?"*

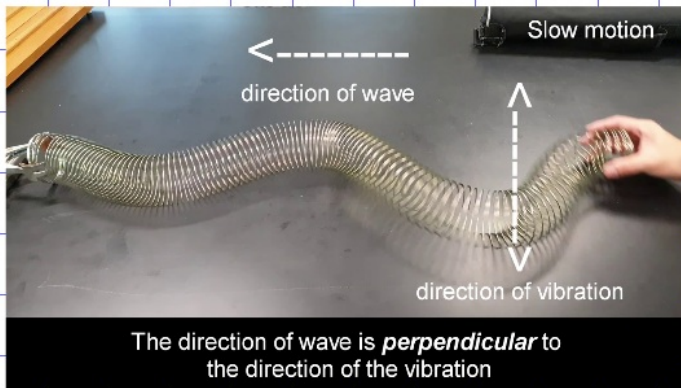
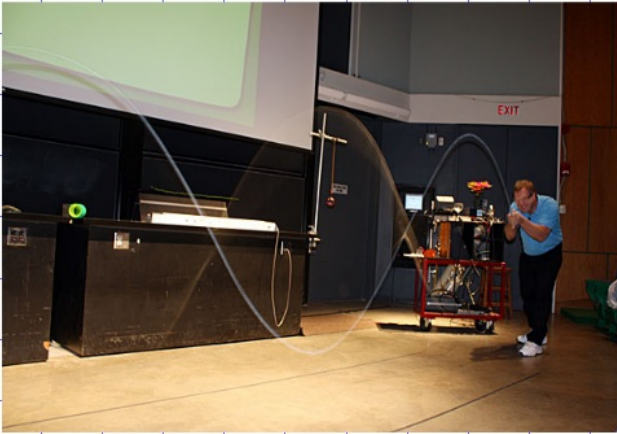


# "Wat wordt verstaan onder een veer-massasysteem?"

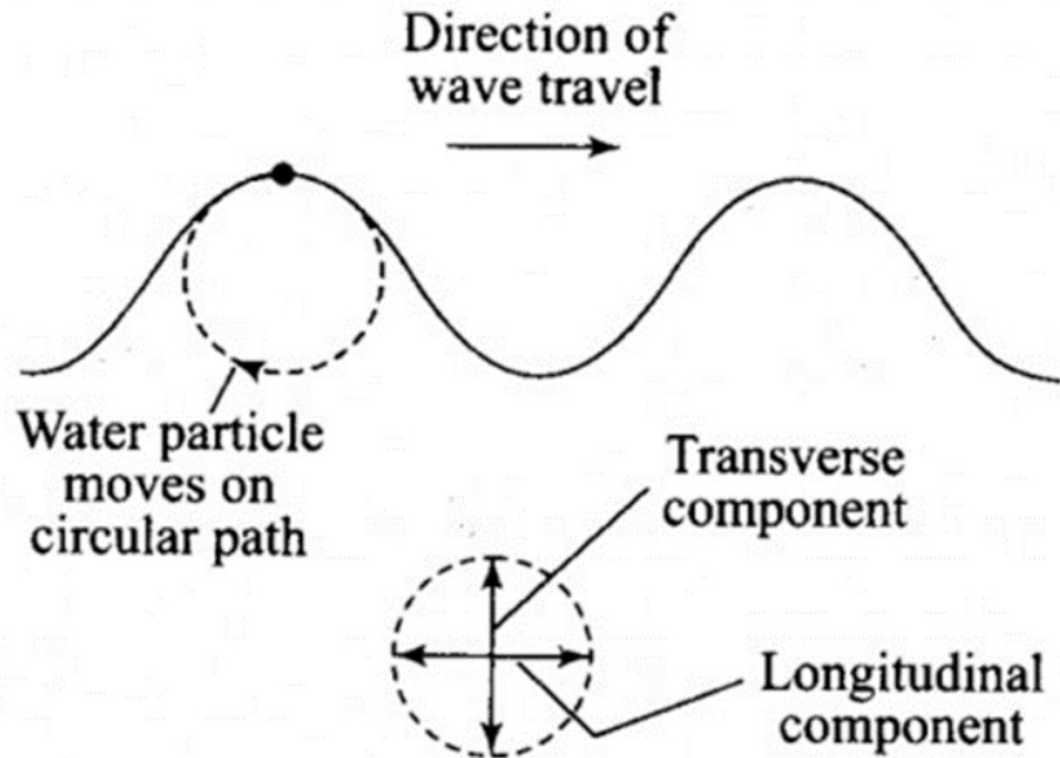
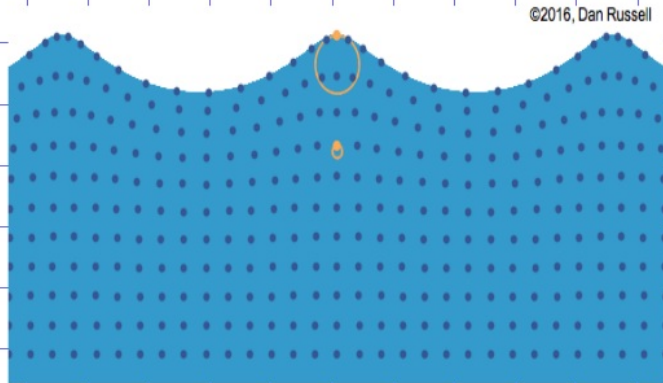


Carbon dioxide

# "Hoe ontstaan mechanische golven?"



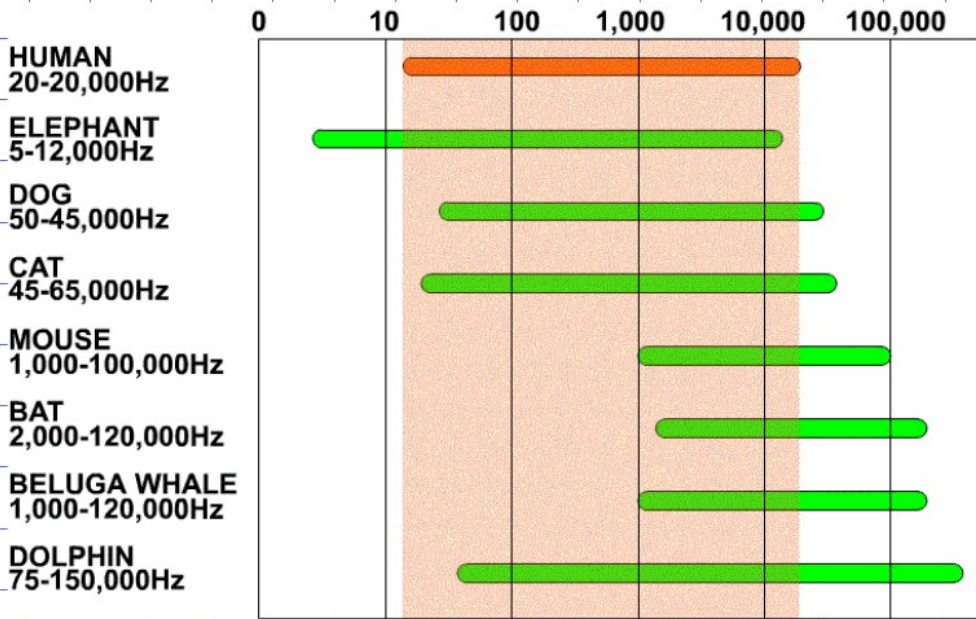
*"Zijn golven op zee transversaal of longitudinaal?"*



*"Wat wordt er precies door een golf verplaatst?"*



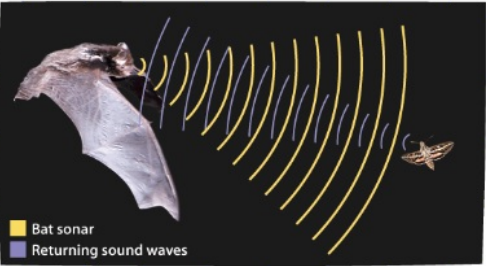
# "Wat is het gehoorbereik van mensen en dieren?"



anti-hond



pro-hond



[audiogram \(online\)](#)



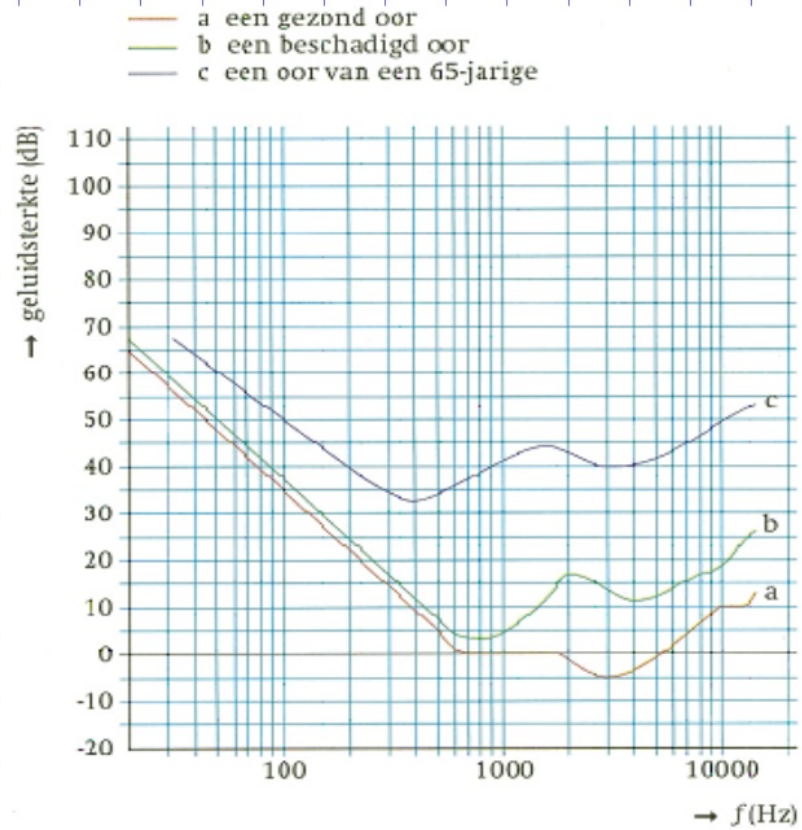
# "Hoe werkt de mosquito-hangtuigverjager?"



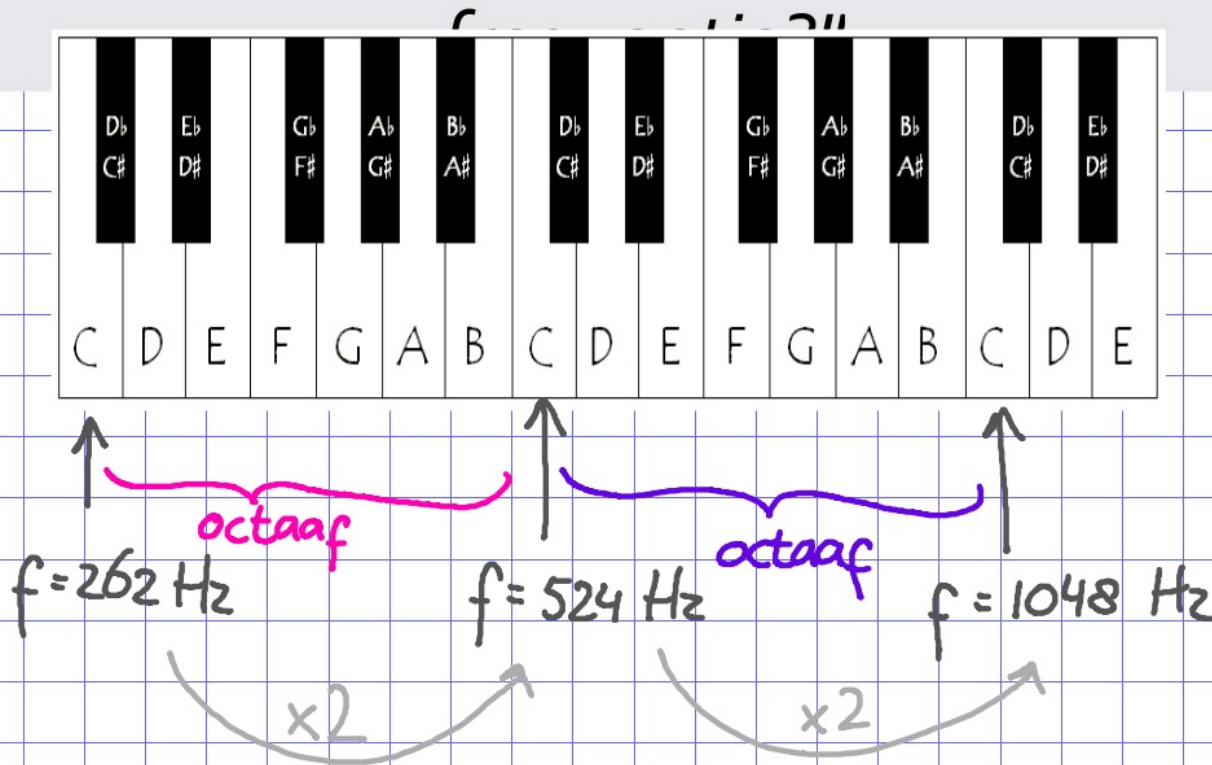
[mosquito \(Embed\)](#)



# "Hoe werkt een gehoortest?"



"Welke relatie is er tussen de muzieknoten en



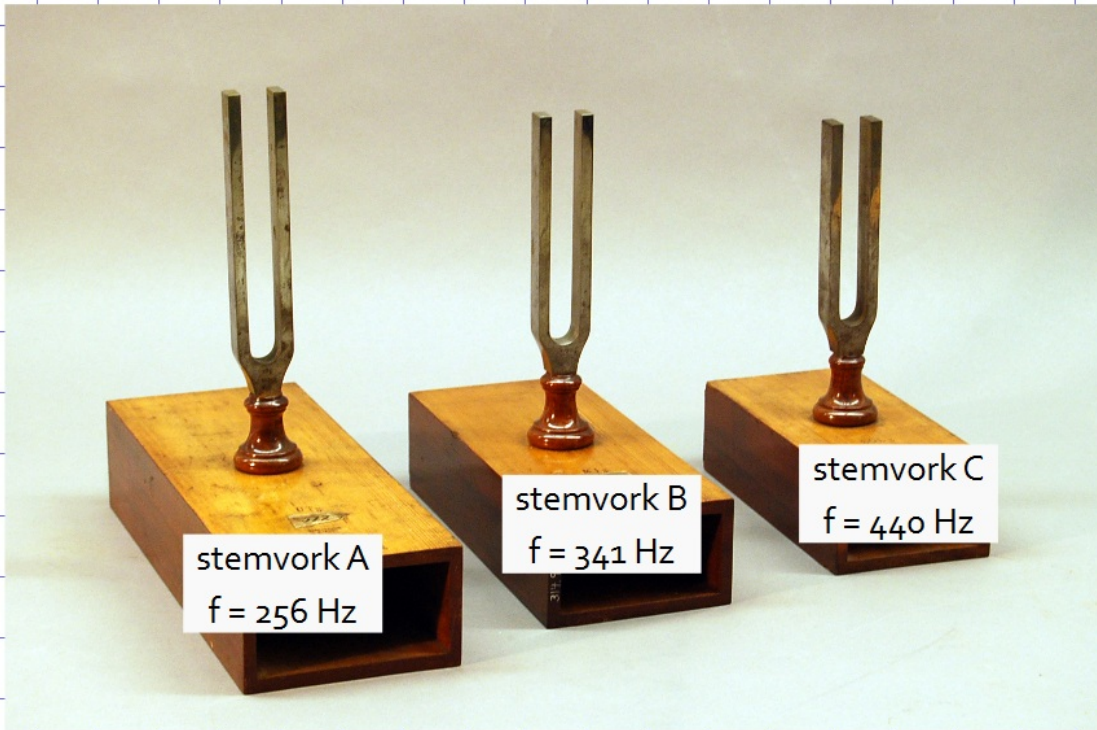
## Hoofdstuk 8: Geluid

# - *BONUSVRAGEN* -

Hier staan de bonusvragen bij dit hoofdstuk. Deze vragen zijn bedoeld om je te laten nadenken over wat je geleerd hebt. Soms moet je kennis reproduceren of een geoefende techniek laten zien. Ook zitten hier inzichtvragen tussen waarvoor je geleerde kennis op een nieuwe en creatieve manier moet toepassen. Deze vragen zijn zeer nuttig om voor een proefwerk nog een keer langs te lopen!

"Deze stemvorken worden tegelijkertijd aangeslagen. Welke stemvork heeft als eerste 1000 trillingen uitgevoerd?"

- overlegvraag -



# "Welke cirkelzaag kan de hoogste toon maken?"

- overlegvraag -



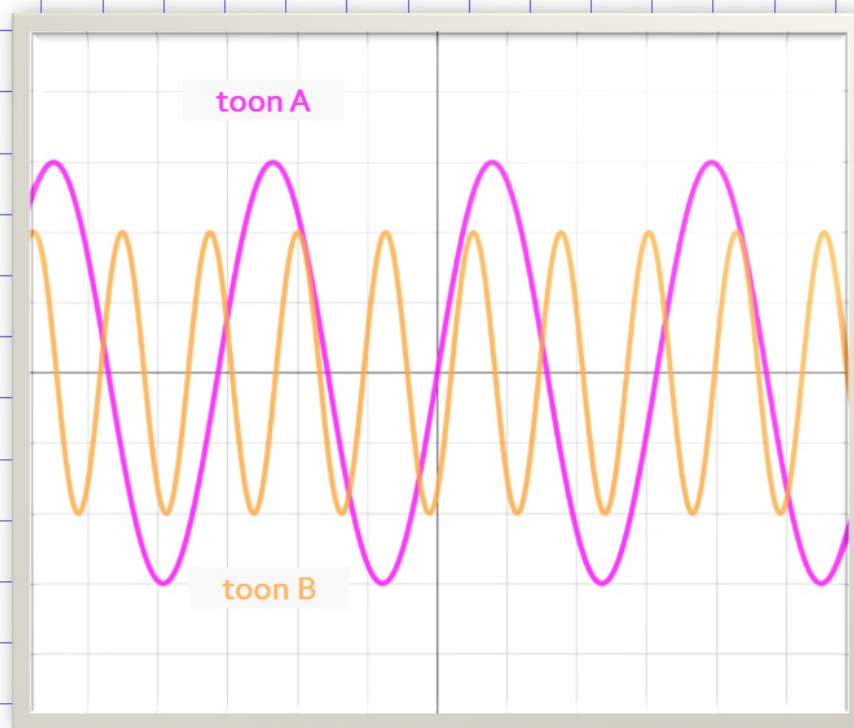
"Hoe meer tanden per seconde door het hout gaan, hoe hoger de toon is die de cirkelzaag maakt."

Blad A:  
48 tanden  
maximaal toerental: 8500 per minuut

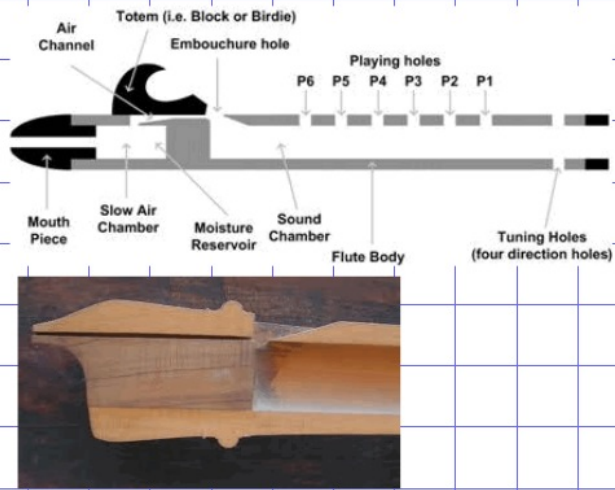
Blad B:  
30 tanden  
maximaal toerental: 4500 per minuut

"Welke van deze twee tonen heeft de grootste trillingstijd en welke toon klinkt het hardst?"

- overlegvraag -



# "Tekst bonusvraag



"

- BONUSVRAAG! -

A →

B →





# "Tekst bonusvraag hier?"



- BONUSVRAAG! -

1. Harder op de trommel slaat?

niet

2. Het trommelvel strakker draait?

wordt hoger??

3. Een grotere trommel neemt?

wordt lager

4. Een dikker trommelvel neemt?

wordt lager??



# "Tekst bonusvraag hier?"

- BONUSVRAAG! -



- 1. Een langer stuk laat uitsteken?
- 2. Een metalen klem vastmaakt aan het trillende uiteinde?
- 3. Een liniaal van een stijver materiaal neemt?
- 4. De liniaal harder aanslaat?

wordt lager

wordt lager

wordt hoger

niet



# "Tekst bonusvraag hier?"



1. Een stuggere veer neemt?  wordt hoger
2. Meer blokjes aan de veer hangt?  wordt lager
3. De veer verder uitrekt voordat je hem loslaat?  niet
4. Twee dezelfde veren onder elkaar hangt?  wordt lager



- BONUSVRAAG! -

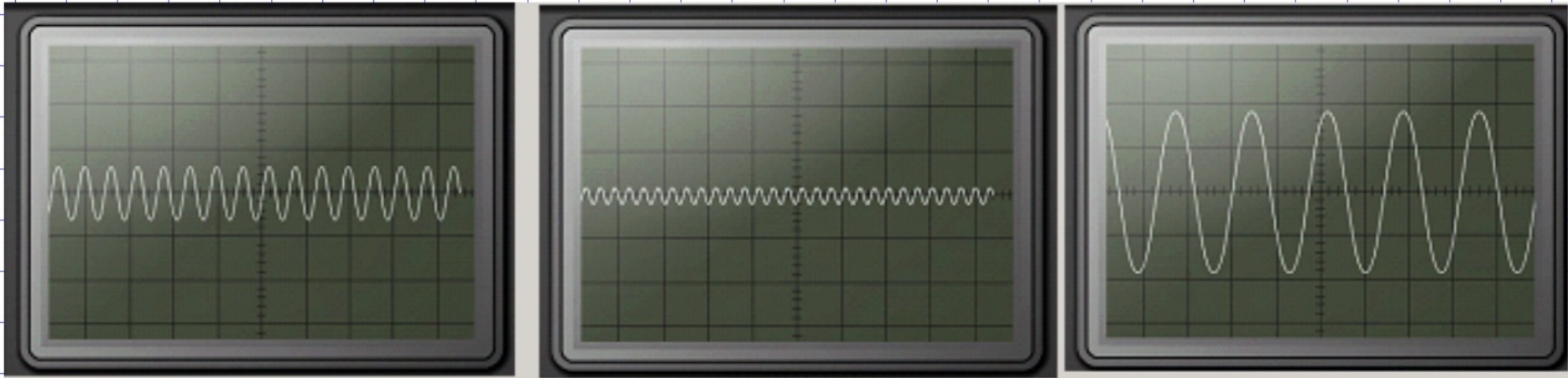
"Tekst bonusvraag hier?"

- BONUSVRAAG! -

*tijdbasis: 1 hokje = 0,5 ms*

"Welke van deze tonen is het hoogst... "

- BONUSVRAAG! -



"... en welke klinkt het luidst?"

"Tekst bonusvraag hier?"

$$T = 0,0023 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0023 \text{ s}} \\ = 435 \text{ Hz}$$



NL "Kolibri", EN "Hummingbird"

- BONUSVRAAG! -

## "Tekst bonusvraag hier?"

- $4 \text{ ms} = 0,004 \text{ s}$



NL "Kolibri", EN "Hummingbird"

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,004 \text{ s}} = 250 \text{ Hz}$$

- BONUSVRAAG! -

# "Tekst bonusvraag hier?"

$$50 \text{ omw/s} \cdot 24 \\ = 1200 \text{ Hz}$$



24 tanden per  
omwenteling

- BONUSVRAAG! -



# "Tekst bonusvraag hier?"

- BONUSVRAAG! -

$$\frac{1800 \text{ Hz}}{24} = 75 \text{ omw/s}$$

$$4500 \frac{\text{omw}}{\text{min}} \div 60$$



24 tanden

# "Tekst bonusvraag hier?"

- $3600 \frac{\text{omw}}{\text{min}}$   
 $60 \frac{\text{omw}}{\text{s}} \div 60$   
 $\rightarrow 900 \frac{\text{Hz}}$   
 $\times 80$   
tanden per omwenteling



- BONUSVRAAG! -

# "Tekst bonusvraag hier?"

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

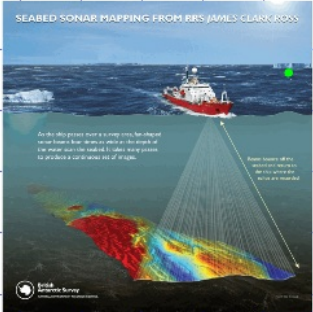
- $$\frac{21.000 \text{ trillingen}}{80} = 2625 \frac{\text{trillingen}}{\text{s}}$$

2625 Hz dus



- BONUSVRAAG! -

# "Tekst bonusvraag hier?"



$$v_{\text{GELUID, WATER}} = 1480 \text{ m/s}$$

$$s = v \cdot t$$

$$s = 1480 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ s}$$

$$s = 1184 \text{ m}$$

dit is heen-en-weer (naar de bodem en weer terug)

diepte is dus 592 m

- BONUSVRAAG! -

## "Tekst bonusvraag hier?"



$$s = v \cdot t$$

$$\text{dus } t = \frac{s}{v}$$

$$s = 2 \text{ km} = 2000 \text{ m}$$

$$v = 5200 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{2000 \text{ m}}{5200 \text{ m/s}} = 0,38 \text{ s}$$

- BONUSVRAAG! -

# "Tekst bonusvraag hier?"

geluidssnelheden:

Staal: 5,2 km/s

lucht: 330 m/s = 0,330 km/s

$$s = v \cdot t \quad t = \frac{s}{v}$$

$$\text{staal: } t = \frac{2 \text{ km}}{5,2 \text{ km/s}} = 0,38 \text{ s}$$

$$\text{lucht } t = \frac{s}{v} = \frac{2 \text{ km}}{0,330 \text{ km/s}} = 5,88 \text{ s}$$



- BONUSVRAAG! -

# "Tekst bonusvraag hier?"

- BONUSVRAAG! -



$\times 10$   $\times 10$   $\times 10$   
1 10 100 1000

dus 3x vertien-  
voudigen, dus  
3x 10 dB er bij  
t.o.v. één meeuw

$$50 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$$



## Hoofdstuk 8: Geluid

# - UITLEG & AANTEKENINGEN -

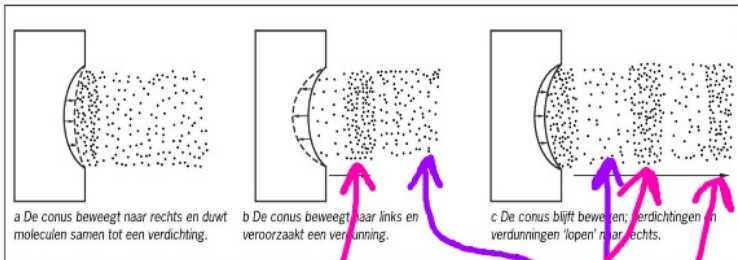
De volgende dia's zijn de aantekeningen die je in de les overgenomen hebt. Alles wat hier tussen de rode lijnen staat zou ook in je schrift moeten staan. Dit is de essentiële stof voor het proefwerk en deze moet je proberen volledig te begrijpen. Je vindt hier ook de tekst bij de bordoefeningen waarvan je als het goed is alleen de uitwerkingen hebt opgeschreven.



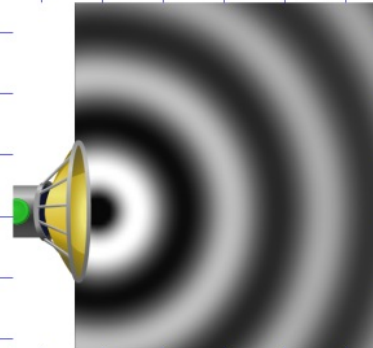
# Hoofdstuk 8: Geluid

## § 8.1 Geluid als trilling

1. Geluid ontstaat door **trillingen** in een **bron**, bijv. een snaar, een trommelvel, je stembanden, een stemvork en conus v.e. luidspreker.
2. De trillende bron veroorzaakt **golven** in een **tussenstof** ("medium") die je oor bereiken.



verdichting      verdunning



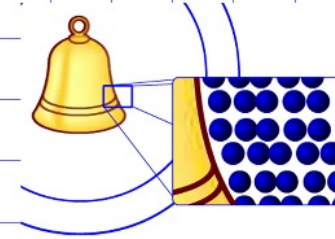
intro waves (PhET)

Bel\_Golven (Animatie, Emb)

Doppler (Animatie, Emb)

# Hoofdstuk 8 Geluid

## § 8.1 Geluid als trilling



How sound travels through the air

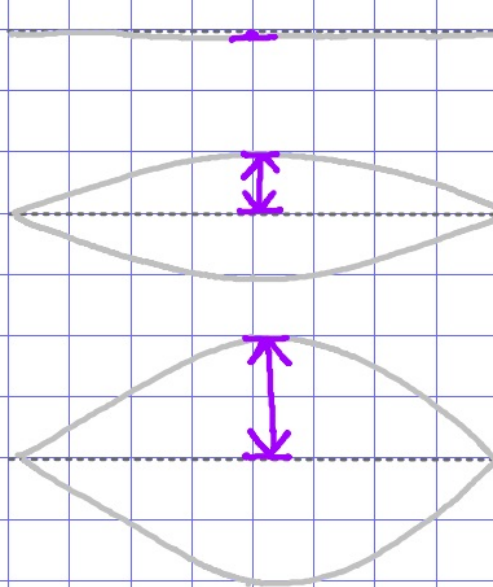


3. De bron trilt over een afstand die de **amplitude** wordt genoemd. Hoe harder het geluid, hoe groter de amplitude.

snaar niet aangeslagen:  
**amplitude** is nul

snaar zachtjes  
aangeslagen:  
**amplitude** is klein

snaar hard  
aangeslagen:  
**amplitude** is groot



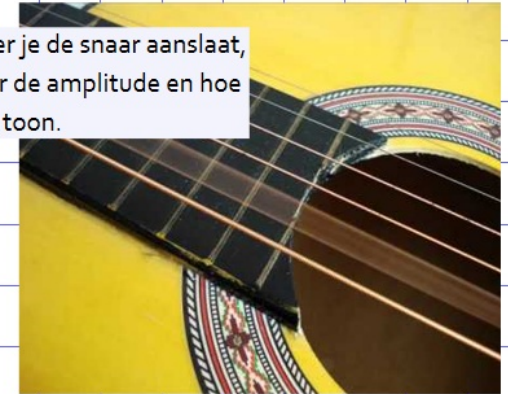
deze rustpositie  
heet de  
*evenwichtsstand*

4. Hoe snel de bron trilt (hoe vaak per seconde) bepaalt de **toonhoogte** die je hoort. Hoe sneller de trilling, hoe hoger de toon.

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.1 Geluid als trilling

Hoe harder je de snaar aanslaat, hoe groter de amplitude en hoe harder de toon.



Hoe sneller de zaag draait, hoe hoger de toon die je hoort.

A 2 H

Jouw geluidsbron is je stem.

- a Wat trilt er precies?
- b Waardoor wordt deze trilling versterkt?

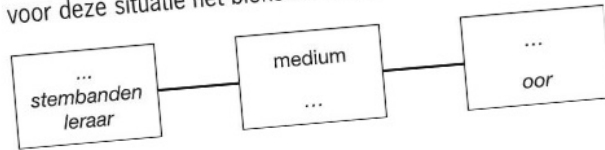
A 3

Juist of onjuist?

- a Geluid kan door een vacuüm heen.
- b Een microfoon zet geluid om in een elektrische trilling.
- c Je stembanden werken als klankkast.
- d Je mondholte is een geluidsbron.

B 4 H

Je zit in de klas en luistert naar de uitleg van je docent. Vul voor deze situatie het blokschema hieronder aan.



B 5

Maak een blokschema voor de volgende situaties.

- a Je legt je oor op de rails en je hoort een trein van ver aankomen.
- b Je maakt met je smartphone geluidsopnames tijdens een concert.
- c Je hoort je telefoon overgaan.

B 6 H

Bij een trommel produceer je trillingen door op het trommelvel te slaan. Het is een slaginstrument.

- a Noem nog twee soorten muziekinstrumenten.

b Geef aan wie of wat ...

### Boek H/V

Je vriend staat naast het zwembad en roept je terwijl jij onder water zwemt. Je hoort hem roepen. Door welke media gaat het geluid voor het bij jou komt?

C 10

Als je een stemvork aanslaat, dan hoor je de stemvork trillen. Je hoort deze trilling veel beter als je de stemvork tegen bijvoorbeeld een raam aanhoudt. Leg uit waarom dat zo is.



C 11 V

Een akoestische gitaar heeft een vaste vorm, een elektrische gitaar kan elke vorm hebben. Schrijf op waarom dat volgens jou zo is. Gebruik in je antwoord het begrip versterking.

C 12

Een voorwerp dat geluid produceert, trilt gedeeltelijk. Het omgekeerde is niet altijd waar. Verzin ...  
een voorwerp dat wel trilt, maar geen ...

## ofdstuk 8 Geluid

als trilling

Maak opg. 1, 4, 5, 8, 9

# Hoofdstuk 8 Geluid

## § 8.1 Geluid als trilling

### Boek H/V

C 13 ✓

Anita en Wibe doen de proef uit de figuur hieronder. Ze nemen twee lege conservenblikjes en slaan met een spijker een klein gaatje in de bodem. Ze verbinden de blikjes met een dun, lang touw door de gaatjes. Ze trekken het touw tussen de beide blikjes strak. Als Anita in het open blikje praat, houdt Wibe het blikje tegen zijn oor.

- a Wat is (zijn) in deze situatie de geluidsbronnen?
- b Wat is (zijn) de tussenstoffen?
- c Wat is (zijn) de ontvanger(s)?
- d Wat gebeurt er als de draad niet strak staat?



C 14

Een luidspreker is een geluidsbron. Je ziet hier een luidspreker zonder de beschermkap ervoor. De conus, het ronde gedeelte op de luidspreker, is het gedeelte dat trilt. Dit trillen kun je amper zien. Bedenk een proef waarmee je kunt aantonen dat de conus trilt.



C 15 ✓

Leg uit wat het verschil is tussen de manier waarop versterking van het geluid plaatsvindt bij een piano en bij een keyboard.

C 16 ✓

Je stem klinkt anders als je je neus dichtknijpt. Leg uit waarom dit het geval is.

+ 17 ✓

Het schema bron – medium – ontvanger is ook voor het verschijnsel licht te maken.

- a Noem twee 'lichtontvangers'.
- b Welke eigenschap moet het medium hebben wil het licht bij de ontvanger komen?

Het licht van de zon komt door de luchtledige ruimte naar de aarde.

- c Noem een verschil tussen het medium voor licht en geluid.

+ 18 ✓

Je neemt met je smartphone je stem op en speelt deze even later af. Leg uit waarom je de opname van je stem anders vindt klinken dan wanneer je je stem direct hoort.

#### Je kunt nu

- uitleggen wat geluid is en hoe het ontstaat
- uitleggen aan de hand van voorbeelden wat een bron, medium en ontvanger is;
- uitleggen hoe je stem werkt;
- uitleggen hoe je geluid versterkt;
- een blokschema voor geluid maken.

8.1 Opdrachten

**A 1 V**  
Een glaar heeft een klankkast. Leg uit waarvoor een klankkast dient.

**A 2 V**  
Jouw geluidsbron is je stem.  
**a** Wat trilt er precies?  
**b** Waardoor wordt deze trilling versterkt?

**A 3**  
**a** Beschrijf hoe geluid zich door lucht van een geluidsbron naar een ontvanger uitbreidt. Gebruik daarbij de woorden verdichting, verdunning en voortplanting.  
**b** Leg in je eigen woorden uit wat een geluidsgolf is.

**E 4 V**  
Je zit in de klas en luistert naar de uitleg van je docent. Vuur voor deze situatie het blokschema hieronder aan.



**E 5 V**  
Maak een blokschema voor de volgende situaties.  
**a** Je maakt met je smartphone geluidsovername tijdens een concert.  
**b** Je hoort je telefoon overgaan.

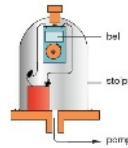
**E 6**  
Bij een trommel produceer je trillingen door op het trommelvel te slaan. Het is een slaginstrument.  
**a** Noem nog twee soorten muziekinstrumenten.  
**b** Schrijf bij elke soort minstens twee voorbeelden van instrumenten.  
**c** Schrijf bij elke soort op wat er trilt.

**E 7 V**  
Het meervoud van madam is media.  
Ken je dat woord ook in een andere betekenis dan in dit hoofdstuk is besproken? Zo ja, welke?

**E 8 V**  
Je vriend slast naast het zwembad en roept je terwijl jij onder water zwaemt. Ja hoor, hem roepen.  
Door welke media gaat het geluid voor het bij jou komt?

**B 9**  
Geluid breidt zich niet alleen in lucht uit. Leg in de volgende situaties uit:  
• wat of wie de bron is;  
• door welke tussenstoffen het geluid zich uitbreidt;  
• wie of wat de ontvanger is.  
**a** In een huis met centrale verwarming lopen metalen buizen. Als je op een bus rijdt, dan is dat ook in andere kamers te horen.  
**b** Dollyren communiceren met elkaar met geluid.  
**c** Indaren gingen vroeger met hun oor op de rails liggen om te horen of er in de verte een trein aankwam.

**C 10**  
Een rinkelende bel onder een glazen stomp is goed te horen. Zie onderstaande figuur. Dat wordt een stuk minder als je de lucht onder de stomp wegpompt. Verklaar dit verschijnsel.



**C 11**  
Als je een stemvork aanslaat, dan hoor je de stemvork trillen. Je hoort deze trilling veel beter z.s.j. de stemvork tegen bijvoorbeeld een raam aanhoudt. Leg uit waarom dat zo is.



**C 12**  
Een voorwerp dat geluid produceert, trilt gedeeltelijk. Het omgekeerde is niet altijd waar. Verzint een voorbeeld van een voorwerp dat wel trilt, maar geen geluid produceert.

Maak opg. 1, 4, 8, 9, 10

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.1 Geluid als trilling

## Boek V/G

C 13

Anita en Wibe doen de proef uit de figuur hieronder. Ze nemen twee lege conservenblikjes en slaan met een spijker een klein gaatje in de bodem. Ze verbinden de blikjes met een draad, lang genoeg door de gaatjes. Ze trekken het touw tussen de beide blikjes strak. Als Anita n het ope b kije praat, hoort Wibe het b kije tegen zijn oor.

- Wat is (zijn) in deze situatie de geluidsbronnen?
- Wat is (zijn) de tussenstoffen?
- Wat is (zijn) de ontvangers?
- Wat gebeurt er als de draad niet strak staat?



De opstelling lijkt een beetje op een primitieve telefoon.

- Geef twee verschillen en twee overeenkomsten tussen een vaste telefoonverbinding en deze opstelling.
- Geef ook een verschil en een overeenkomst tussen een mobiele telefoonverbinding en deze opstelling.

C 14

Leg uit wat het verschil is tussen de manier waarop verspreiding van het geluid plaatsvindt bij een piano en bij een keyboard.

C 15

Je stem klinkt anders als je je neus dichtknijpt. Leg uit waarom dit het geval is.

C 16

Een luidspreker is een geluidsbron. Je ziet hier een luidspreker zonder de beschermkap ervoor. De conus, het ronde gedeelte op de luidspreker, is het gedeelte dat trilt. Dit trillen kun je amper zien. Bedenk een proef waarmee je kunt aantonen dat de conus trilt.



C 17

Het schema bron – medium – ontvanger is ook voor het verschijnen licht te maken.

- Noem twee 'lichtontvangers'.
- Welke eigenschap moet het medium hebben wil het licht bij de ontvanger komen?

Het licht van de zon komt door de luchtledige ruimte naar de aarde.

- Noem een verschil tussen het medium voor licht en geluid.

C 18

Je neemt met je smartphone je stem op en speelt deze even later af. Leg uit waarom je de opname van je stem anders vindt klinken dan wanneer je je stem direct hoort.

### Je kunt nu

- uitleggen wat geluid is en hoe het ontstaat;
- uitleggen aan de hand van voorbeelden wat bron, medium en ontvanger is;
- op micrometerschaal uitleggen hoe geluid zich als golf in de lucht uitbreidt;
- uitleggen hoe je stem werkt;
- uitleggen hoe je geluid versterkt;
- een blokschema voor geluid maken.

## § 8.2 Geluidssnelheid

5. De geluidsgolven die bij de bron zijn ontstaan bewegen alle kanten op weg met de **geluidssnelheid**. Deze snelheid hangt af van het **medium**.
6. Je kunt rekenen aan de voortplanting van geluid met de **snelheidsformule**:

$$\text{afstand} = \text{snelheid} \cdot \text{tijdsduur} \quad s = v \cdot t$$

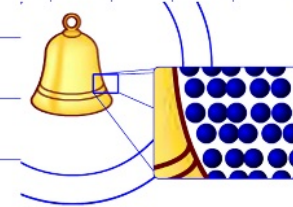
**Bordoeffening 1:** Tussen een bliksemflits en de donderslag tel je 5,0 seconden. Hoe ver is de inslag dan bij je vandaan? De temperatuur is 20 °C die dag

**Bordoeffening 2:** Je ziet iemand 200 meter verderop op een trommel slaan. Je hoort de klap echter pas 0,570 s later. Wat was de geluidssnelheid op dat moment? Was de luchttemperatuur op dat moment hoger of lager dan 20 °C

**Bordoeffening 3:** In je tuin graaf je een put die 85 meter diep is. Hoe veel tijd zou er bij deze diepte moeten zitten tussen het moment dat je iets de put in roept en het moment dat je de echo hoort? De temperatuur is 0 °C.

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid



How sound travels through

geluidssnelheden:

lucht (20 °C), $v = 343$ m/s
lucht (0 °C), $v = 332$ m/s
water (0 °C), $v = 1403$ m/s
water (20 °C), $v = 1484$ m/s
rubber (20 °C), $v = 50$ m/s
ijzer (20 °C), $v = 5100$ m/s



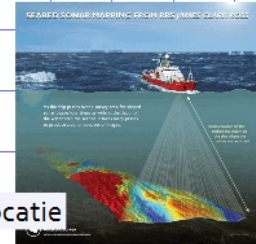
Doppler-effect



supersone knal



sonar/echo-locatie



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid

geluidssnelheden:

lucht (20°C),  $v = 343 \text{ m/s}$   
lucht (0°C),  $v = 332 \text{ m/s}$   
water (0°C),  $v = 1403 \text{ m/s}$   
water (20°C),  $v = 1484 \text{ m/s}$   
rubber (20°C),  $v = 50 \text{ m/s}$   
ijzer (20°C),  $v = 5100 \text{ m/s}$

Bordoeffening 1: Tussen een bliksemflits en de donderslag tel je 5,0 seconden. Hoe ver is de inslag dan bij je vandaan? De temperatuur is 20 °C die dag.

$$s = v \cdot \Delta t = 343 \text{ m/s} \cdot 5,0 \text{ s} = 1715 \text{ m}$$

Bordoeffening 2: Je ziet iemand 200 meter verderop op een trommel slaan. Je hoort de klap echter pas 0,570 s later. Wat was de geluidssnelheid op dat moment? Was de luchttemperatuur op dat moment hoger of lager dan 20 °C?

$$v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{200 \text{ m}}{0,570 \text{ s}} = 351 \text{ m/s}$$

Bordoeffening 3: In je tuin graaf je een put die 85 meter diep is. Hoe veel tijd zou er bij deze diepte moeten zitten tussen het moment dat je iets de put in roept en het moment dat je de echo hoort? De temperatuur is 0 °C.

$$\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{85 \text{ m}}{332 \text{ m/s}} = 0,256 \text{ s} \quad \rightarrow \times 2 \quad 0,512 \text{ s}$$

Extreme extra bordoeffening X: Je staat langs een stalen spoorlijn en 1,2 km verderop geeft iemand met een staaf een klap op de rails. Reken uit hoeveel tijd er zit tussen het moment dat je de klap hoort via de rails en het moment dat je de klap hoort via de lucht.



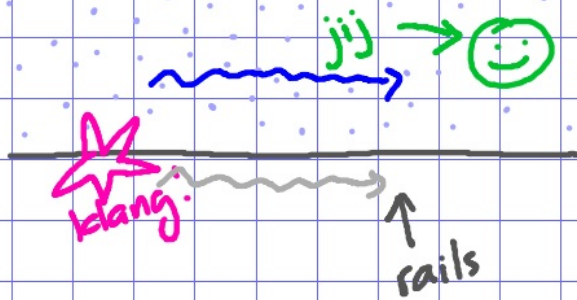
## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid

geluidssnelheden:

- lucht (20 °C),  $v = 343 \text{ m/s}$
- lucht (0 °C),  $v = 332 \text{ m/s}$
- water (0 °C),  $v = 1403 \text{ m/s}$
- water (20 °C),  $v = 1484 \text{ m/s}$
- rubber (20 °C),  $v = 50 \text{ m/s}$
- ijzer (20 °C),  $v = 5100 \text{ m/s}$

Extreme extra bordoefening X:



door de rails:

$$\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{1200 \text{ m}}{5100 \text{ m/s}} = 0,236 \text{ s}$$

door de lucht:

$$\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{1200 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 3,496 \text{ s}$$

$$\text{Verschil: } 3,496 \text{ s} - 0,236 \text{ s} = 3,26 \text{ s}$$

Extreme extra bordoefening X: Je staat langs een stalen spoorlijn en 1,2 km verderop geeft iemand met een staaf een klap op de rails. Reken uit hoeveel tijd er zit tussen het moment dat je de klap hoort via de rails en het moment dat je de klap hoort via de lucht.

## 8.2 Opdrachten

A 19

- a Hoe noem je de snelheid van geluid in één woord?  
 b Is de snelheid van licht groter of kleiner dan die van geluid?  
 c Hoelang doet het geluid van de donder over een afstand van ongeveer één kilometer?

A 20 H

Geluid gaat met een bepaalde snelheid van de bron naar de ontvanger.

- a Geef aan hoe groot de geluidssnelheid in lucht bij kamertemperatuur is.  
 b Noem twee factoren waar de geluidssnelheid van afhangt.

B 21

Rangschik de volgende stoffen op basis van de geluidssnelheid in deze stof. Zet de stof met de grootste snelheid eerst: water, lucht, beton, koper.

B 22

Peter is weerkundige. Hij meet tijdens het onweer de tijd tussen bliksem en donder. De geluidssnelheid is 343 m/s. Peter meet een tijd van 7,0 s.

- a Bereken met de vuistregel de afstand tot het onweer.  
 b Bereken nu met de formule hoe ver weg het onweer is.  
 c Klopt de vuistregel?

Peters collega Gerrit staat op een afstand van 4 km van het onweer.

- d Bereken met de formule hoeveel tijd er zit tussen het moment dat Gerrit de bliksem ziet en de donder hoort.  
 e Bereken met de vuistregel de tijd tussen zien en horen.  
 f Wat kun je nu concluderen over de vuistregel?

B 23 H

Een vleermuis zendt geluiden uit om zijn prooi te lokaliseren.

- a Leg uit hoe echolocatie bij een vleermuis werkt.

Na 0,030 s hoort de vleermuis de echo.

- b Bereken op welke afstand van de vleermuis de prooi zich bevindt.

B 24 H

Je ziet de prachtigste kleuren bij het afsteken van vuurwerk. De pijl spat uit elkaar. Leg uit hoe het komt dat je pas even later een knal hoort.

B 25 H

De geluidssnelheid in lucht bij 0 °C is 332 m/s.

- a Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt.  
 b Bereken hoelang geluid doet over 0,83 km.  
 c Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt bij een temperatuur van 20 °C.

B 26

Je neemt een radio met twee waterproof luidsprekers mee naar het zwembad. De ene luidspreker verdwijnt onder water, de andere blijft in de lucht. De geluidssnelheid in water is 1,5 km/s. In lucht gaat het geluid met 343 m/s. Je vriendin zwemt 50 m verder.

- a Bereken hoelang het duurt voor je vriendin het geluid door lucht hoort.  
 b Bereken ook na hoeveel tijd het geluid via het water bij je vriendin komt.

Je vriendin houdt haar ene oor onder en haar andere oor boven water.

- c Bereken het verschil in aankomsttijd van het geluid bij beide oren in een geheel aantal ms (milliseconden, 1 ms = 0,001 s).

B 27

In een echoput is het meestal fris, circa 8 °C. De geluidssnelheid bij deze temperatuur is 336 m/s. Als je in je handen klapt, hoor je het geluid 0,10 s later terug.

- a Bereken de afstand die het geluid in 0,10 s aflegt.  
 b Kies het juiste antwoord. De diepte van de echoput:  
 A is gelijk aan die afstand;  
 B is 2x zo groot als die afstand;  
 C is 2x zo klein als die afstand.

C 28

Je luistert naar een concert. Leg uit waardoor je kunt merken dat de snelheid van het geluid niet afhangt van het soort muziekinstrument.

## Hoofdstuk 8 Geluid

## § 8.2 Geluidssnelheid

Maak opg. 21, 22, 23 en 27.

De pijl spat uit elkaar. Leg uit hoe het komt dat je pas even later een knal hoort.

B 25 H

De geluidssnelheid in lucht bij 0 °C is 332 m/s.

- Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt.
- Bereken hoelang geluid doet over 0,83 km.
- Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt bij een temperatuur van 20 °C.

B 26

Je neemt een radio met twee waterproof luidsprekers mee naar het zwembad. De ene luidspreker verdwijnt onder water, de andere blijft in de lucht. De geluidssnelheid in water is 1,5 km/s. In lucht gaat het geluid met 343 m/s. Je vriendin zwemt 50 m verder.

- Bereken hoelang het duurt voor je vriendin het geluid door lucht hoort.
- Bereken ook na hoeveel tijd het geluid via het water bij je vriendin komt.

Je vriendin houdt haar ene oor onder en haar andere oor boven water.

- Bereken het verschil in aankomsttijd van het geluid bij beide oren in een geheel aantal ms (milliseconden, 1 ms = 0,001 s).

B 27

In een echoput is het meestal fris, circa 8 °C. De geluidssnelheid bij deze temperatuur is 336 m/s. Als je in je handen klapt, hoor je het geluid 0,10 s later terug.

- Bereken de afstand die het geluid in 0,10 s aflegt.
- Kies het juiste antwoord. De diepte van de echoput:
  - is gelijk aan die afstand;
  - is twee keer die afstand;

Boek 3

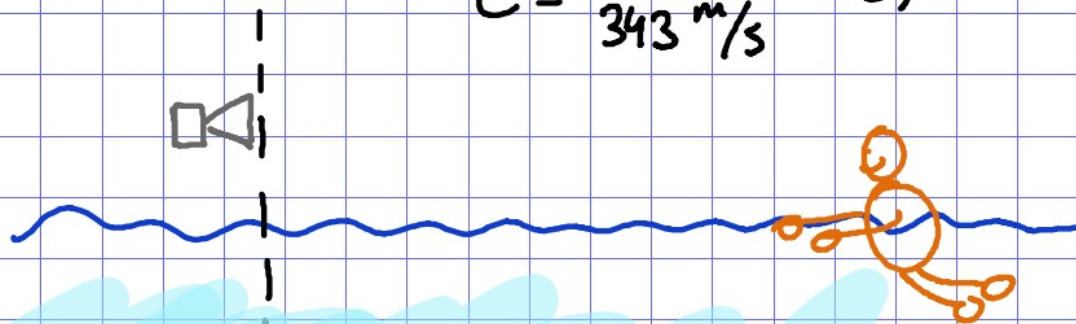
$$s = v \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v} \quad v = 343 \text{ m/s}$$

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid

$$t = \frac{50 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 0,1458 \text{ s}$$



$$t = \frac{s}{v} = \frac{50 \text{ m}}{1500 \text{ m/s}} = 0,033$$

$$v = 1500 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow 0,146 - 0,033 = 0,113$$

50 m

C 29

Bij het onderzoek naar het binnenste van de aarde worden diepe gaten geboord. Het diepste gat heeft een diepte van 12,262 km. Bij een krantenartikel over dit gat werd een cartoon getekend.



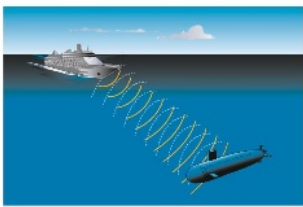
- Bereken na hoeveel seconden het antwoord volgens het bordje komt.
- Bereken de geluidssnelheid met de gegevens uit de cartoon.
- Leg uit of deze waarde voor de geluidssnelheid te groot, redelijk goed of te klein is.

Ga ervan uit dat de temperatuur gelijk is aan 20 °C.

- Bereken de werkelijke tijd (in uren, minuten, hele seconden) tussen het roepen en het antwoord van de echo.

C 30

Om onderzeeboten op te sporen maken marineschepen gebruik van sonar. Dit staat voor 'sound navigation and ranging'; navigatie en plaatsbepaling met geluid. Het principe is gelijk aan hoe dolfijnen met echolocatie hun prooi vinden.



Je kunt nu

- berekeningen doen met de geluidssnelheid in verschillende stoffen;
- uitleggen hoe echolocatie werkt;
- noemen waar de geluidssnelheid van afhangt.

## Boek H/V

Het schip zendt een geluidspuls uit, de onderzeeboot weerkaatst, de puls en het marineschip registreert de weerkaatste puls.

Een onderzeeboot op de Noordzee bevindt zich op 1500 m afstand van een marineschip.

- Bereken hoeveel tijd er zit tussen het versturen van de geluidspuls en het ontvangen van de weerkaatste puls.
- Leg uit of het op het IJsselmeer langer of korter duurt.

+ 31

De snelheid van een straaljager druk je vaak uit in mach. 'mach 1' is daarbij precies even groot als de geluidssnelheid, waarvoor dan 340 m/s wordt genomen.

Een F-16 kan een topsnelheid halen van 2100 km/h.

- Bereken de topsnelheid van de straaljager in m/s. Rond af op een geheel getal.
- Bereken de topsnelheid van de straaljager in mach. Rond af op één decimaal.
- Bereken de afstand in een geheel aantal km die dit vliegtuig op topsnelheid in 5,0 minuten aflegt.



+ 32

Licht heeft in water een lagere snelheid dan in lucht. De lichtsnelheid in water is 225 000 km/s. Geluid gaat echter sneller door water dan door lucht: de geluidssnelheid in water is ongeveer 1,5 km/s.

Onder water vindt op 30 km afstand van een duiker een explosie plaats.

- Bereken de tijd in ms die het licht erover doet om het oog van de duiker te bereiken.
- Na hoeveel seconden hoort de duiker de explosie?

Onder water geldt een andere vuistregel dan in de lucht.

- Leg uit of je bij het bepalen van de vuistregel onder water rekening moet houden met de snelheid van het licht.
- Geef de vuistregel voor onder water.

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid

## 8.2 Opdrachten

A 19 V

- a Noem een ander woord voor geluidssnelheid.  
 b Is de snelheid van licht groter of kleiner dan die van geluid?  
 c Hoelang doet het geluid van de donder over een afstand van ongeveer één kilometer?

A 20

Geluid gaat met een bepaalde snelheid van de bron naar de ontvanger.

- a Geef aan hoe groot de geluidssnelheid in lucht bij kamertemperatuur is.  
 b Noem twee factoren waar de geluidssnelheid van afhangt.

B 21

Licht en geluid zijn verschijnselen die op elkaar lijken.

- a Leg in je eigen woorden uit wat dat betekent.  
 b Noem twee aspecten van geluid en licht waarin blijkt dat ze zich gelijk gedragen.  
 c Noem ook twee aspecten van geluid en licht waaruit blijkt dat ze van elkaar verschillen.

B 22

Hieronder zie je een afbeelding van watergolven.



Schets de figuur of gebruik het tekenblad.

- a Geef de plaats van de bron aan.  
 b Geef met zes pijlen aan in welke richtingen de watergolven zich voorplanten.  
 c Bedenk een manier om te bepalen hoe snel de golven zich voortplanten als je bij zo'n wateroppervlak zit.

B 23 V

Een vleermuis zendt geluiden uit om zijn prooi te lokaliseren.

- a Leg uit hoe echolocatie bij een vleermuis werkt.  
 b Na 0,030 s hoort de vleermuis de echo.  
 c Bereken op welke afstand van de vleermuis de prooi zich bevindt.

284 | Hoofdstuk 8

B 24 V

Peter is weerkundige. Hij meet tijdens het onweer de tijd tussen bliksem en donder. De geluidssnelheid is 343 m/s. Peter meet een tijd van 7,0 s.

- a Bereken met de vuistregel de afstand tot het onweer.  
 b Bereken met de formule hoe ver weg het onweer is.  
 c Bereken hoeveel procent je antwoord op b verschilt van dat op a.

Peters collega Gerrit staat op een afstand van 4 km van het onweer.

- d Bereken met de formule hoeveel tijd er zit tussen het moment dat Gerrit de bliksem ziet en de donder hoort.  
 e Bereken de tijd tussen zien en horen met de vuistregel.  
 f Wat kun je nu concluderen over de vuistregel?

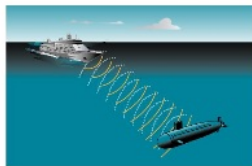
B 25 V

Je neemt een radio met twee waterproof luidsprekers mee naar het zwembad. De ene luidspreker verwijrt onder water, de andere blijft in de lucht. De geluidssnelheid in water is 1,5 km/s. In lucht gaat het geluid met 343 m/s. Je vriendin zwemt 50 m verder. Je vriendin houdt haar ene oor onder en haar andere oor boven water. Bereken het verschil in aankomsttijd van het geluid bij beide oren in een geheel aantal milliseconden.

C 26 G

Om onderzeeboten op te sporen maken marineschepen gebruik van sonar. Zie de figuur.

- a Zoek op waar deze afkorting voor staat en vertaal hem.  
 b Leg uit hoe sonar werkt.



Geluid plant zich in water 4,4 maal zo snel voort als in lucht. De onderzeeboot bevindt zich op 1,5 km van de boot.

- c Bereken hoeveel tijd verstrijkt tussen het uitzenden van de geluidspuls door de boot en het terugontvangen van de puls.

© Noordhoff Uitgevers bv

Maak opg. 23, 24, 26 en 27.

C 27

Bij het onderzoek naar het binnenste van de aarde worden diepe gaten geboord. Het diepste gat heeft een diepte van 12.262 km. Bij een krantenartikel over dit gat werd een cartoon getekend.



- Bereken de geluidssnelheid met het gegeven in de cartoon.
- Leg uit of deze waarde voor de geluidssnelheid te groot, redelijk goed of te klein is.

Ga ervan uit dat de temperatuur gelijk is aan 20 °C.

- Toon aan dat de tijd die dan op het bordje zou moeten staan gelijk is aan 1 minuut en 11,5 s.

De werkelijke tijd blijkt bij een meting 1 min en 13 s te zijn.

- Leg uit of het in de put gemiddeld warmer of kouder is dan 20 °C.

C 28

Licht heeft in water een lagere snelheid dan in lucht. De lichtsnelheid in water is 225 000 km/s. Geluid gaat makkelijker door water dan door lucht: de geluidssnelheid is ongeveer 1,5 km/s.

Onder water vindt op 30 km afstand van een duiker een explosie plaats.

- Bereken de tijd in ms die het licht erover doet om het oog van de duiker te bereiken.
- Na hoeveel seconden hoort de duiker de explosie?

Onder water geldt een andere vuistregel dan in lucht.

- Leg uit of je bij het bepalen van de vuistregel onder water rekening moet houden met de snelheid van het licht.
- Geef de vuistregel voor onder water.

Je kunt nu

- berekeningen doen met de geluidssnelheid;
- uitleggen welke overeenkomsten er zijn tussen licht en geluid;
- uitleggen hoe echolocatie werkt;
- noemen waar de geluidssnelheid van afhangt.

## Boek V/G

C 29

De snelheid van een straaljager druk je vaak uit in mach. 'Mach 1' is daarbij precies even groot als de geluidssnelheid, waarvoor dan 340 m/s wordt genomen. Een F-16 kan een topsnelheid halen van 2100 km/h.

- Bereken de topsnelheid van de straaljager in m/s. Rond af op een geheel getal.
- Bereken de topsnelheid van de straaljager in mach. Rond af op één decimaal.
- Bereken de afstand in een geheel aantal km die dit vliegtuig op topsnelheid in 5,0 minuten aflegt.



C 30

De geluidssnelheid in ijs van 20 °C is 5100 m/s, die in water 1484 m/s en die in lucht 343 m/s. In een oude cowboyfilm legt een indiaan zijn oor op de rails en hoort het geluid van een trein daar 2,65 s eerder dan door de lucht. (Doe dit nooit zelf!)

- Bereken de afstand tussen de trein en de indiaan.
- Kies in de volgende zin steeds het juiste woord. In vloeistoffen plant geluid zich sneller / langzamer voort dan in vaste stoffen en sneller / langzamer dan in gassen.

C 31

In figuur 8.1 zag je een trilleed trommelvel: de trillingsrichting van het vel was daar verticaal. Longitudinale golven zijn golven waarbij de trillingsrichting gelijk is aan de voortplantingsrichting. In figuur 8.4 trillen de luchtdeeltjes in dezelfde richting als de conus.

- Leg met figuur 8.4 uit dat geluid een longitudinale golf is.

Bij transversale golven staan de trillingsrichting en de voortplantingsrichting loodrecht op elkaar.

- Leg met de coningsfiguur van deze paragraaf uit dat watergolven transversaal zijn. Bedenk daarbij hoe een kurk op het golvende wateroppervlak zou bewegen en hoe de voortplantingsrichting van de golven is.

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.2 Geluidssnelheid

## § 8.3 Trilling in beeld

7. Hoe sneller een bron trilt, hoe hoger de toon klinkt (punt 4 in §1). Het aantal trillingen per seconde heet de **frequentie (f)**. De eenheid is **Hertz (Hz)**.

8. Als je de frequentie van een bron weet kun je uitrekenen hoe lang een trilling duurt. Dit heet **trillingstijd (T)** met eenheid **seconde (s)**.

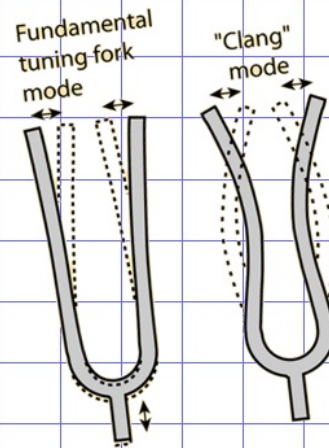
$$\text{trillingstijd} = \frac{1}{\text{frequentie}}$$

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

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

Voorbeeld: Stemvork "A" heeft  $f = 440 \text{ Hz}$ ,  $T = ?$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{f} = \frac{1}{440 \text{ Hz}} = 2,27 \cdot 10^{-3} \text{ s} \\ &= 0,00227 \text{ s} \\ &= 2,27 \text{ ms} \end{aligned}$$



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld



menselijke  
stem  
vrouw,  $f = 150$   
Hz  
man,  $f = 125$  Hz  
kind,  $f = 300$  Hz



stemvork  
"centrale A"  
 $f = 440$  Hz



[audiogram \(online\)](#)

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

Bordoefening

4:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{265 \text{ Hz}} = 0,0038 \text{ s}$$

Bordoefening

5:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000182 \text{ s}} = 5495 \text{ Hz}$$

Bordoefening

6:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{12000 \text{ Hz}} = 0,000083 \text{ s} = 0,083 \text{ ms}$$

Bordoefening 7:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0014 \text{ s}} = 714 \text{ Hz}$$

Bordoefening

8:

$$\frac{228 \text{ slagen}}{3,0 \text{ s}} = 76 \text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{76 \text{ Hz}} = 0,013 \text{ s}$$

**Bordoefening 4:** Bereken de trillingstijd van een stemvork met een frequentie van 265 Hz.

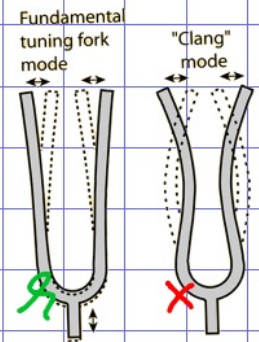
**Bordoefening 5:** Bereken de frequentie van een snaar die in 0,000182 s op-en-neer trilt.

**Bordoefening 6:** Bereken de trillingstijd van een toon met  $f = 12,0 \text{ kHz}$ . Geef je antwoord in seconden en in miliseconden.

**Bordoefening 7:** Een conus van een luidspreker trilt bij een bepaalde toon heen-en-weer in 1,4 ms. Welke frequentie hoor je dan?

**Bordoefening 8:** De vleugels van een colibri blijken 228 slagen te maken in 3,0 seconden tijd.

Welke frequentie en trillings-





Bordoefening

9:

$$a) 40 \times 20 = 800$$

$$b) 3000 \frac{\text{omw}}{\text{min}} = 50 \frac{\text{omw}}{\text{s}}$$

$$f = 40 \cdot 50 = 2000 \text{ Hz}$$



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

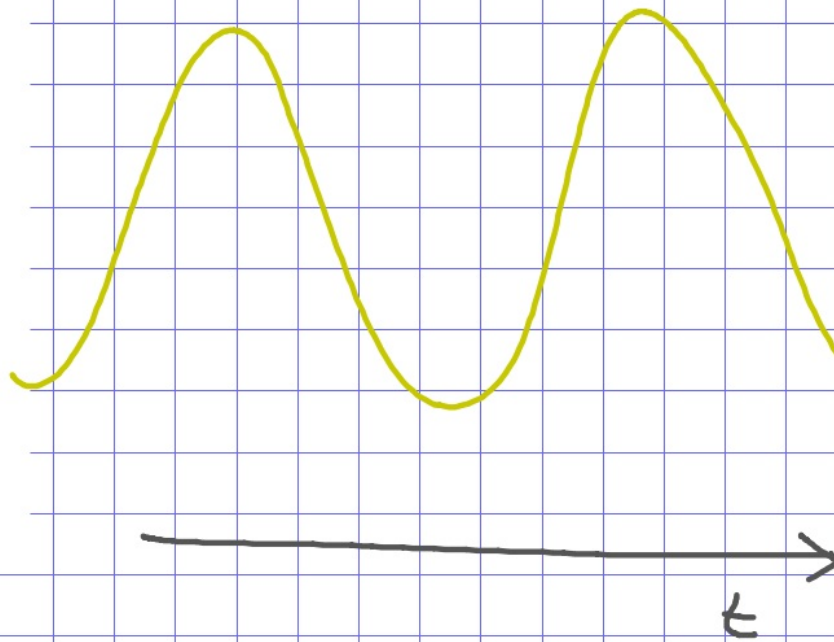
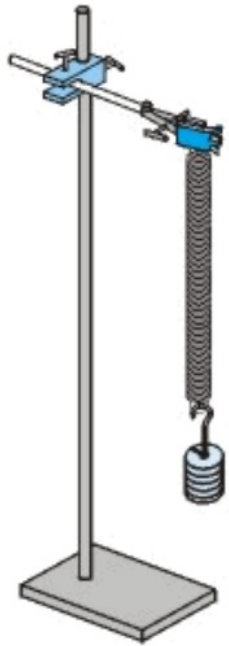
Bordoefening 9: Een bepaald model cirkelzaag heeft 40 tanden.

a. Reken uit hoeveel tanden per seconde door het hout gaan als de zaag draait met 20 omwentelingen per seconde.

b. Bereken welke frequentie je hoort bij een omwentelingssnelheid van 3000 toeren per minuut.



Intermezzo: Hoe kun je een trilling tekenen?

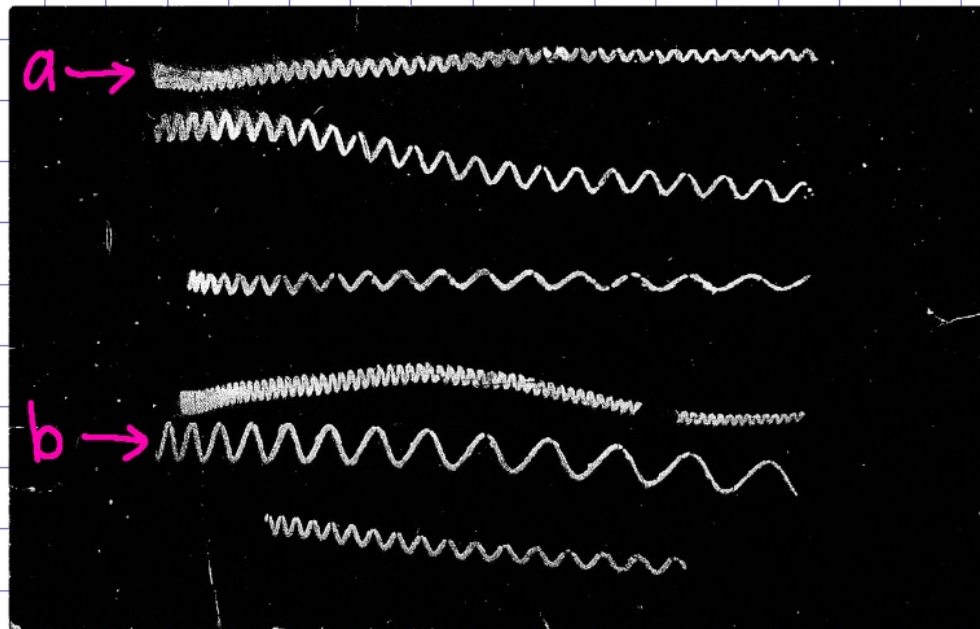


## Hoofdstuk 8 Geluid

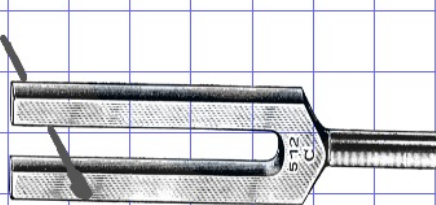
### § 8.3 Trilling in beeld



Intermezzo: Hoe kun je een trilling zichtbaar maken?



Een naald bevestigd aan een stemvork is over een glazen plaatje met roet getrokken. De naald krast sporen in het roet.



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld



**Snelle denkvraag:** Al deze sporen zijn gemaakt met dezelfde stemvork. Bij welk spoor is de stemvork het snelst over de glasplaat getrokken?

Intermezzo: Welk spoor hoort bij welke beschrijving?

4



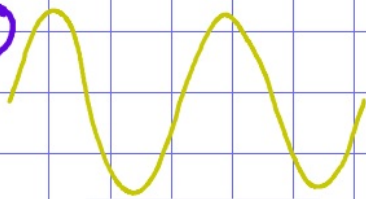
zachte, lage toon

3



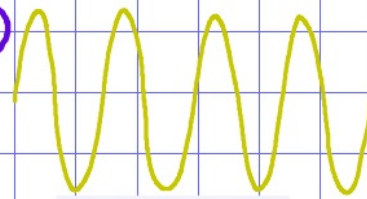
zachte, hoge toon

1



harde, lage toon

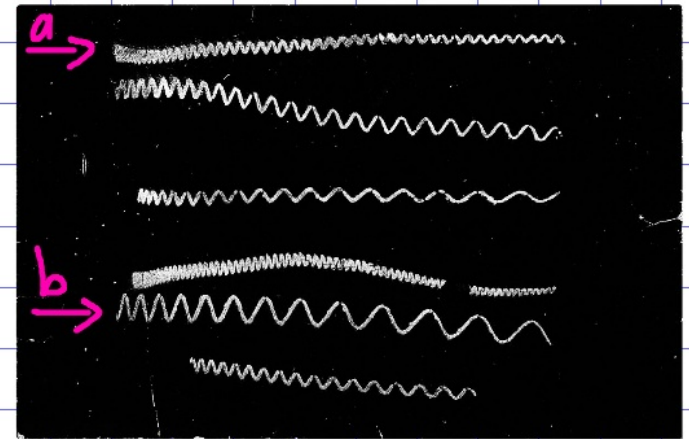
2



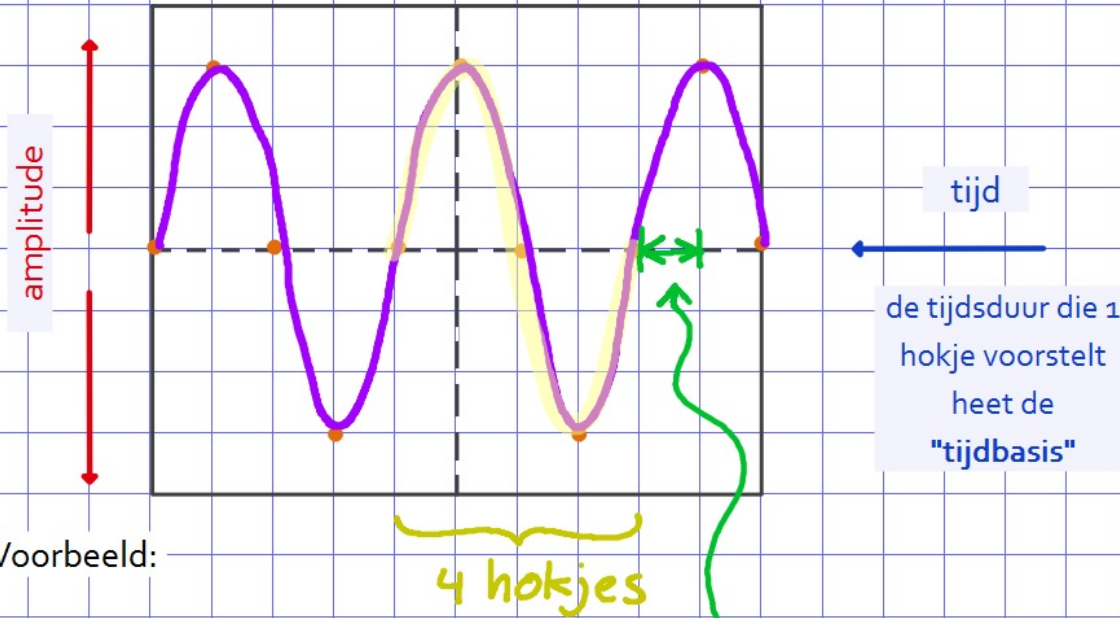
harde, hoge toon

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld



9. Met een oscilloscoop kun je de trillingstijd meten:



Voorbeeld:

$$T = 4 \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,0008 \text{ s}$$

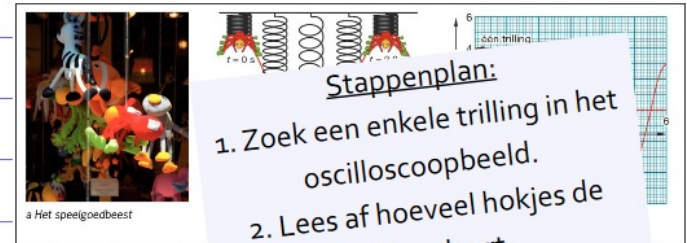
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0008 \text{ s}} = 1250 \text{ Hz}$$

Voorbeeld: stel, de tijdbasis is 0,0002 s. Reken de trillingstijd en frequentie van deze toon uit.

## Hoofdstuk 8 Geluid

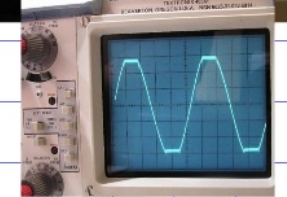
### § 8.3 Trilling in beeld

Virtual Oscilloscope (Online)

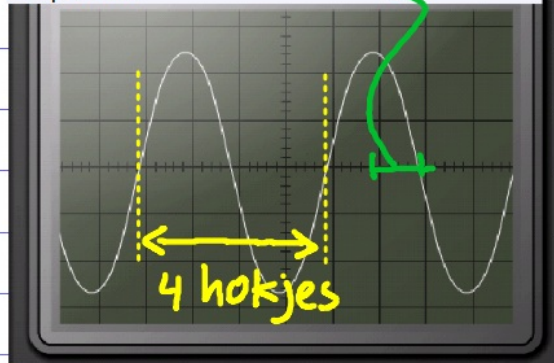


#### Stappenplan:

1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.



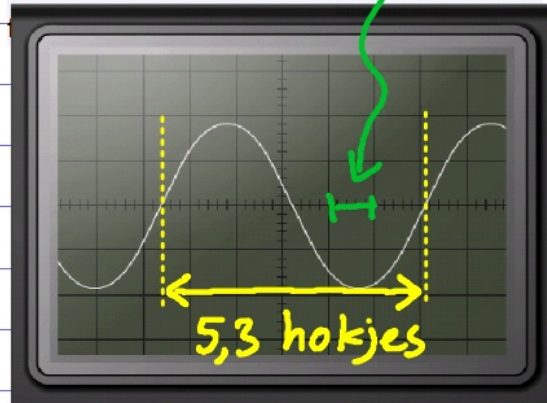
**Bord oefening 10a:** Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van 0,001 s. Wat zijn hier de trillingstijd en de frequentie?



$$T = 4 \cdot 0,001 \text{ s} \\ = 0,004 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,004 \text{ s}} \\ = 250 \text{ Hz}$$

**Bord oefening 10b:** Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van 0,05 ms. Wat zijn hier de trillingstijd en de frequentie?



$$T = 5,3 \cdot 0,00005 \text{ s} \\ = 0,000265 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000265 \text{ s}} \\ = 3774 \text{ Hz}$$

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

#### Stappenplan:

1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.

voorbeeld vorige blz. 2

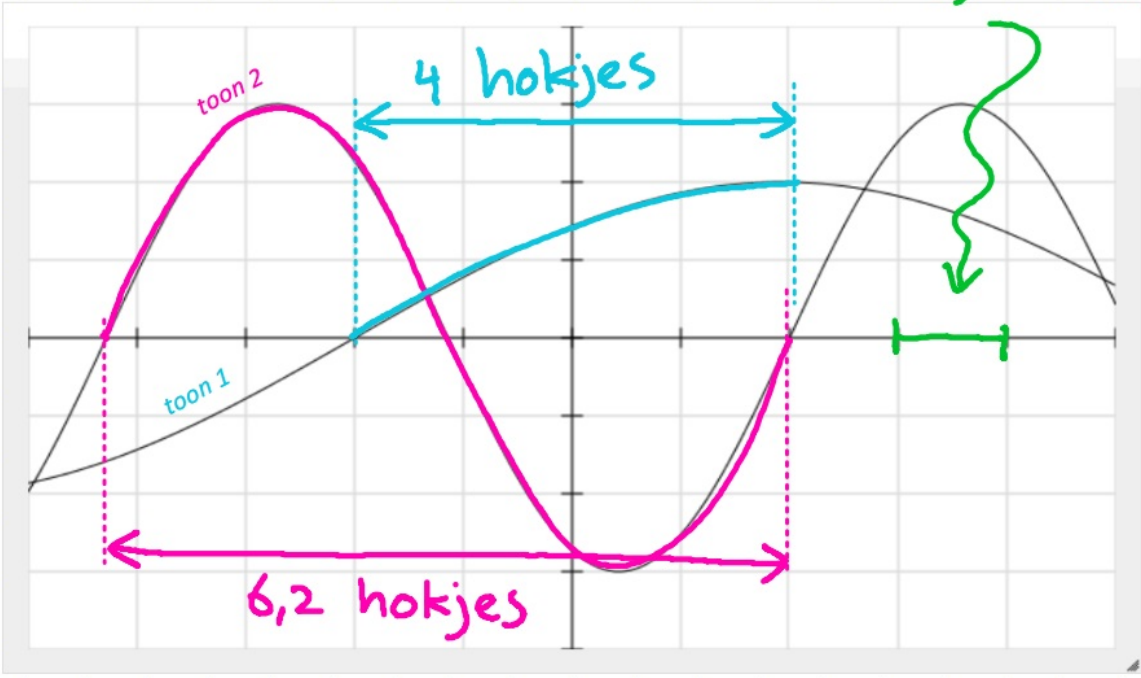
$$T = 4 \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,0008 \text{ s} \\ f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0008 \text{ s}} = 1250 \text{ Hz}$$

**Bord oefening 10d:** Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van 0,25 ms. Wat zijn hier de trillingstijd en de frequentie van toon 1 en van toon 2? Tip: doe eerst toon 2.

$= 0,00025 \text{ s}$

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld



Toon 2:

$T = 6,2 \cdot 0,00025 \text{ s} = 0,00155 \text{ s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00155 \text{ s}} = 645 \text{ Hz}$

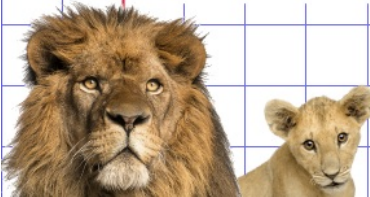
Toon 1:

$T = 4,16(4 \cdot 0,00025 \text{ s})$   
 $= 4 \cdot 0,0010 \text{ s} = 0,0040 \text{ s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0040 \text{ s}} = 250 \text{ Hz}$

**Stappenplan:**

1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de een ook f nog uit nu je T weet

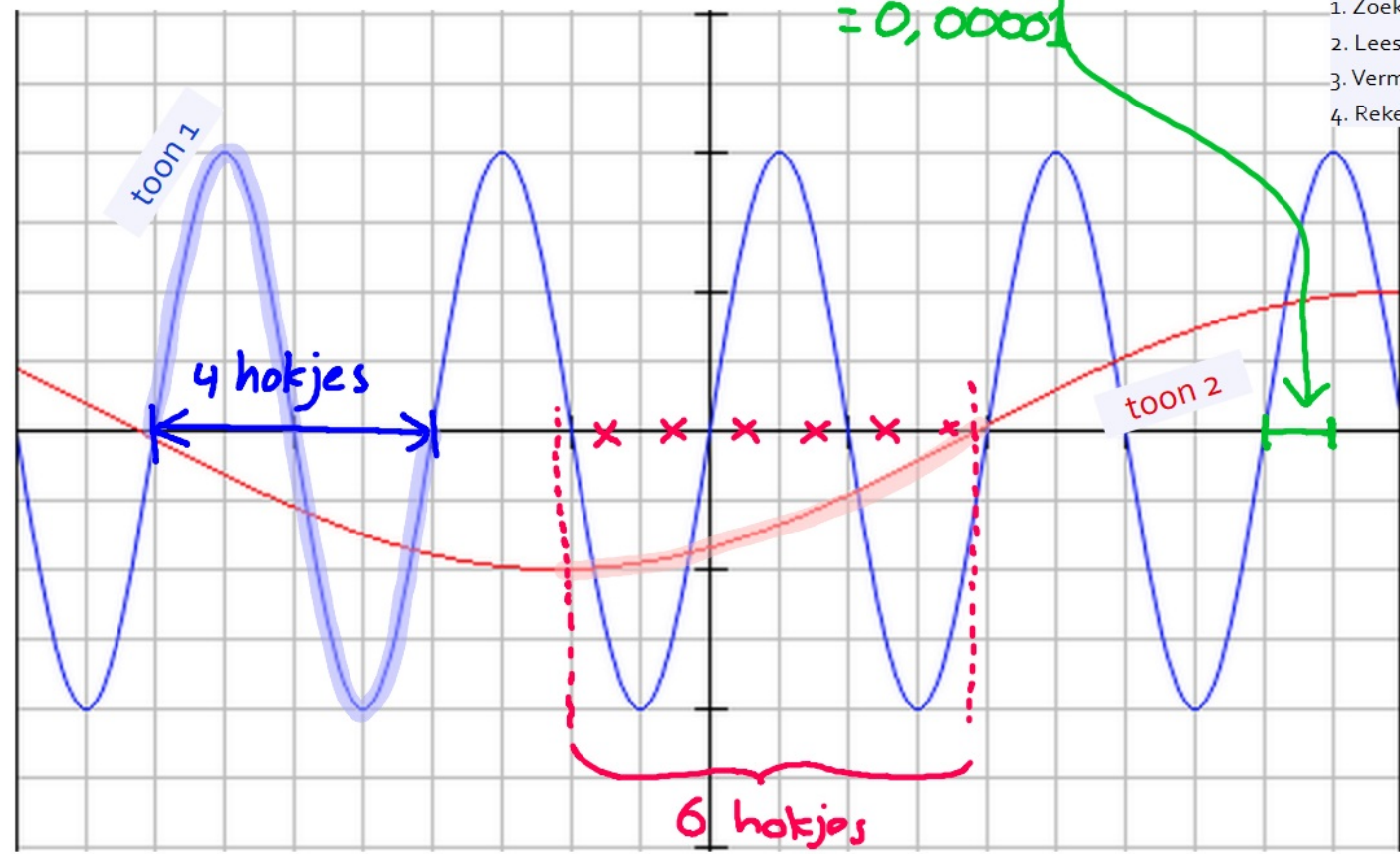


# Hoofdstuk 8 Geluid

Bord oefening 10e: Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van 0,01 ms. Wat zijn hier de trillingstijd en de frequentie van toon 1 en van toon 2?

- Stappenplan:
1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
  2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
  3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
  4. Reken voor de gain ook f nog uit nu je T weet.

= 0,00001



$$T = 4 \cdot 0,00001$$
$$= 0,00004 \text{ s}$$
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00004 \text{ s}}$$
$$= 25 \text{ kHz}$$

toon 2:

$$T = 4,58 \cdot 0,00001 \text{ s}$$
$$= 0,000232 \text{ s}$$
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000232}$$
$$= 4310 \text{ Hz}$$

toon 1:

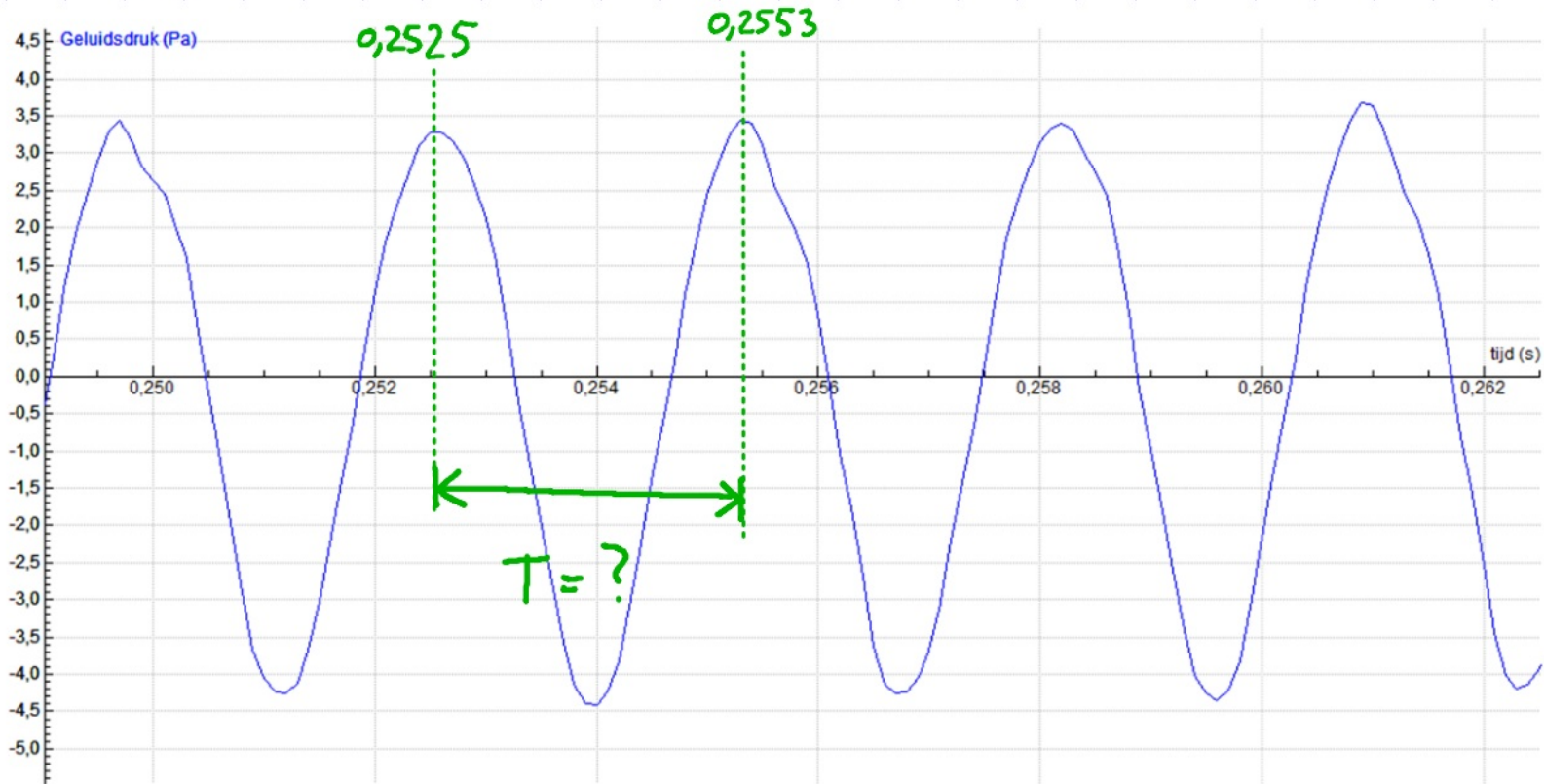
..s!



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

Bord oefening 10e: Bekijk onderstaand oscillogram. Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.

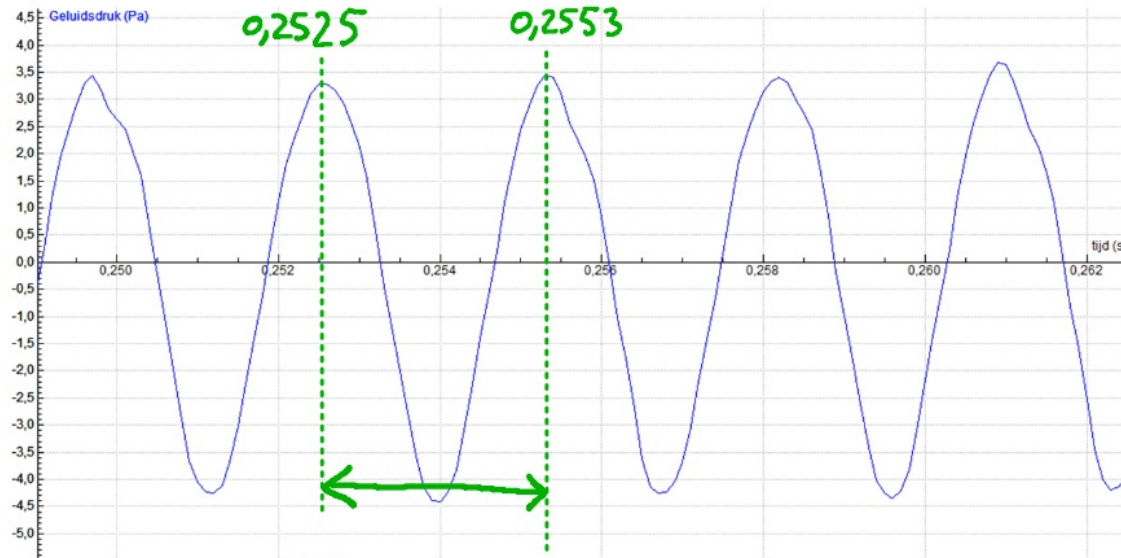


f:

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

**Bord oefening 10f:** Bekijk onderstaand oscillogram. Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.



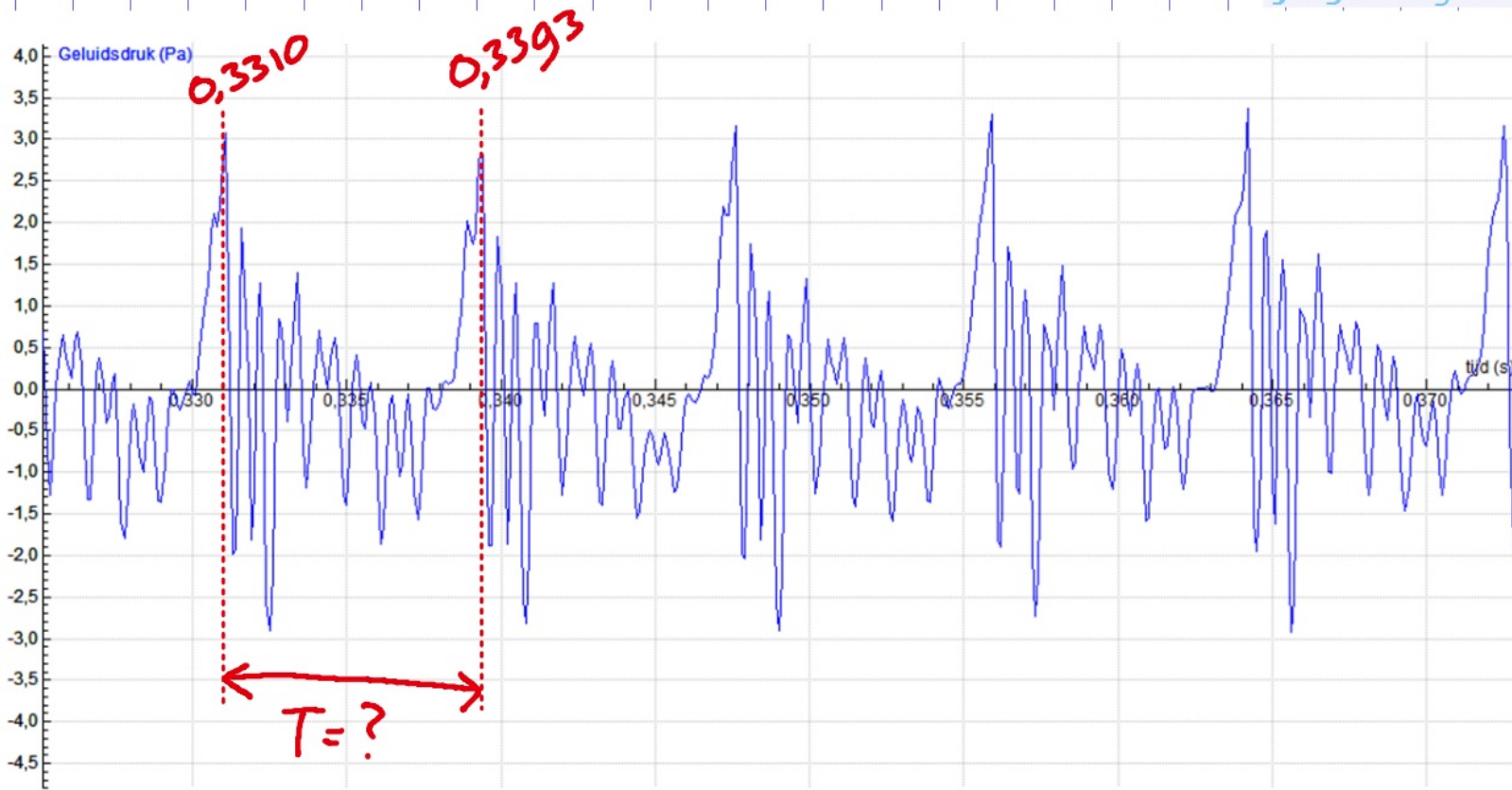
$$T = 0,0028 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0028 \text{ s}} = 357 \text{ Hz}$$

Bord oefening 10g: Bekijk onderstaand oscillogram.  
Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

Bord oefening 10g: Bekijk onderstaand oscillogram.  
Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.



$$T = 0,0083 \text{ s} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0083 \text{ s}} = 120 \text{ Hz}$$

## 8.3 Opdrachten

A 33 H

- a Geef aan wat de frequentie van een trilling is.  
b Hoeveel trillingen heb je per seconde als de frequentie 440 Hz is?

A 34 H

- a Wat is een oscilloscoop?  
b Waarom heb je een microfoon nodig als je geluid zichtbaar op een oscilloscoop wilt maken?  
c Welke grootheden staan er langs de assen in een oscillogram?

A 35

Kies het juiste antwoord.

- a De amplitude is het aantal trillingen per seconde / de maximale afwijking.  
b Hoe groter de amplitude, hoe kleiner / groter de geluidssterkte.  
c Hoe groter de trillingstijd, hoe kleiner / groter de frequentie.

B 36 H

Een snaar trilt met een frequentie van 10 Hz.

- a Bereken na hoeveel tijd deze snaar 80x heeft getrild.  
b Bereken hoelang één trilling duurt.

B 37

Bereken de trillingstijd die hoort bij de volgende frequenties:

- a 50 Hz  
b 2,0 Hz  
c 75 kHz  
d 1,7 kHz

B 38

Bereken de frequentie die hoort bij de volgende trillingstijden:

- a 0,00016 s  
b 4,0 s  
c 33 ms  
d 5 ms

B 39 H

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van het geluid dat hoort bij de trillingsgrafiek van figuur 8.16.  
b Bereken de frequentie van het geluid.

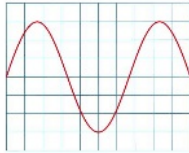
B 40

Precies vier trillingen duren 0,128 s. Bereken  $T$  in ms.

B 41

Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder. Eén hokje op de x-as stelt 0,02 s voor. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

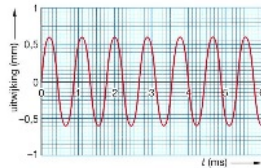
- a Bepaal hoelang één trilling duurt.  
b Bereken de frequentie van de trilling.  
c Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie.  
d Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo kleine amplitude.



B 42 H

Met een microfoon is het geluid van een stemvork opgenomen. De trillingsgrafiek zie je hieronder.

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd.  
b Bereken de frequentie van de stemvork.  
c Leg uit hoe de trillingsgrafiek er uit zou zien wanneer je de stemvork harder aan zou slaan.



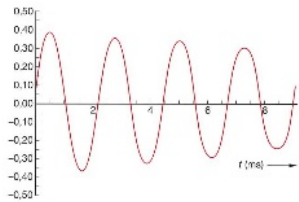
Maak opg. 36, 37, 38,  
40, 41, 42 en 45.

§ 8.3 Trilling in beeld

C 43

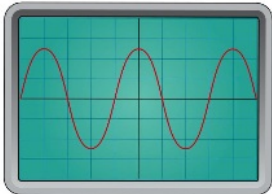
Met de computer maak je van een stemwerk de onderstaande trillingsgrafiek.

- a Hoe zie je aan de grafiek dat het geluid steeds zachter wordt?
- b Hoe zie je aan de grafiek dat de frequentie hetzelfde blijft?



C 44

Je sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Het beeld van de oscilloscoop wordt zo ingesteld dat horizontaal elk hokje overeenkomt met 5 ms. Verticaal stelt elk hokje 0,2 V voor.



- a Bepaal de frequentie waarop de toongenerator is ingesteld.
- b Bepaal de amplitude van het signaal.

Je stelt de toongenerator nu zo in dat er precies vijf trillingen op het scherm passen. De toppen van de trilling passen nu nog net in het scherm. Je verandert de instellingen van de oscilloscoop niet.

- c Kies de juiste antwoorden. De frequentie is nu *groter / kleiner*, de amplitude is *groter / kleiner*.
- d Teken op het tekenblad in het hulpboek hoe een trilling met een frequentie van 30 Hz en een amplitude van 0,4 V op deze oscilloscoop eruitziet.

C 45

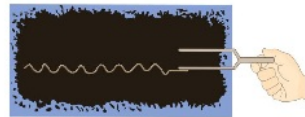
Hieronder zie je een eeg, een elektrocardiogram, oftewel een harttrimpje. Een hokje komt horizontaal overeen met 0,04 s.

Bepaal met dit eeg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.



+ 46

Als je een stemwerk aanslaat, gaan de benen van de stemwerk trillen. Je kunt aan een been van de stemwerk een naaldje vastmaken. Als je dit naaldje over een berote glasplaat trekt, krijg je het beeld zoals hieronder.



Je trekt een stemwerk met een snelheid van 0,16 m/s over een berote glasplaat. Er zijn nu 23 trillingen te zien in een stuk dat 4,0 cm lang is. Bereken de frequentie van de stemwerk.

+ 47

In deze paragraaf staat een formule voor het berekenen van T en een formule voor het berekenen van f. Leg met een getallenvoorbeeld uit waarom je eigenlijk maar één formule hoeft te leren.

Je kunt nu

- de trillingstijd uit een trillingsgrafiek bepalen;
- met een formule de trillingstijd en de frequentie berekenen;
- uit een trillingsgrafiek de amplitude bepalen.

Maak opg. 36, 37, 38, 40, 41, 42 en 45.

Stappenplan:

1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.

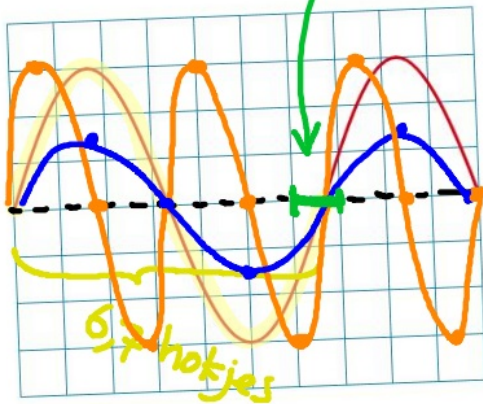
B 40

Precies vier trillingen duren 0,128 s. Bereken  $T$  in m Boek H/V

B 41

Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder. Eén hokje op de x-as stelt 0,02 s voor. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- a Bepaal hoelang één trilling duurt.
- b Bereken de frequentie van de trilling.
- c Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie.
- d Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo kleine amplitude.



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

$$a) T = 6,7 \cdot 0,02 \text{ s} = 0,134 \text{ s}$$

$$b) f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,134 \text{ s}} = 7,5 \text{ Hz}$$

Maak opg. 36, 37, 38, 40, 41, 42 en 45.

#### Stappenplan:

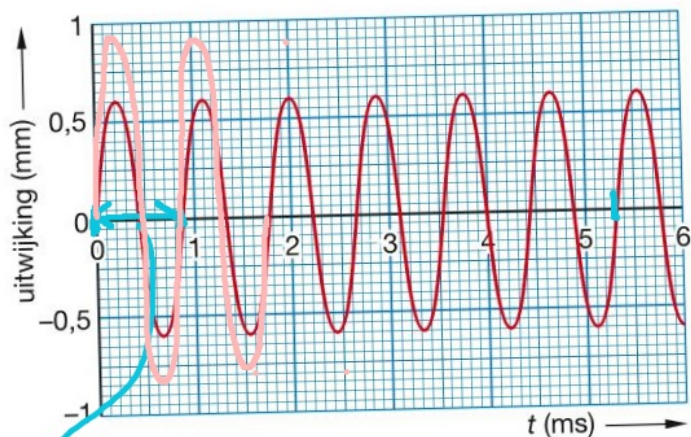
1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is  $T$ .
4. Reken voor de gein ook  $f$  nog uit nu je  $T$  weet.

B 42 H

Met een microfoon is het geluid van een stemvork opgenomen. De trillingsgrafiek zie je hieronder.

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd.  
 b Bereken de frequentie van de stemvork.  
 c Leg uit hoe de trillingsgrafiek er uit zou zien wanneer je de stemvork harder aan zou slaan.

↳ amplitude groter



$$T = 0,9 \text{ ms} = 0,0009 \text{ s}$$

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0009 \text{ s}} = 1111 \text{ Hz}$$

Maak opg. 36, 37, 38, 40, 41, 42 en 45.

#### Stappenplan:

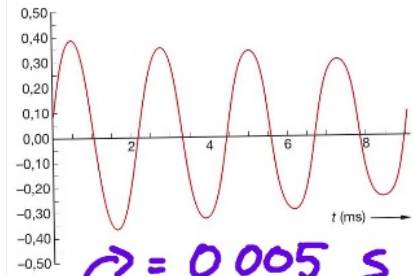
1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.



C 43 V

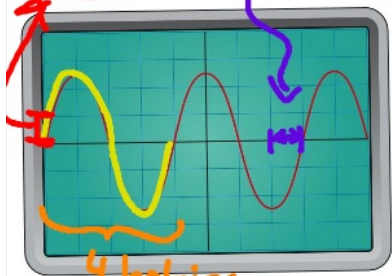
Met de computer maak je van een stemvork de onderstaande trillingsgrafiek.

- a Hoe zie je aan de grafiek dat het geluid steeds zachter wordt?
- b Hoe zie je aan de grafiek dat de frequentie hetzelfde blijft?



C 44

Je sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Het beeld van de oscilloscoop wordt zo ingesteld dat horizontaal elk hokje overeenkomt met 5 ms. Verticaal stelt elk hokje 0,2 V voor.



- a Bepaal de frequentie waarop de toongenerator is ingesteld.
- b Bepaal de amplitude van het signaal.

Je stelt de toongenerator nu zo in dat er precies vijf trillingen op het scherm passen. De toppen van de trilling passen nu nog net in het scherm. Je verandert de instellingen van de oscilloscoop niet.

c Kies de juiste antwoorden.

De frequentie is nu groter / kleiner, de amplitude is groter / kleiner.

d Teken op het tekenblad in het hulpboek hoe een trilling met een frequentie van 30 Hz en een amplitude van 0,4 V op deze oscilloscoop eruitziet.

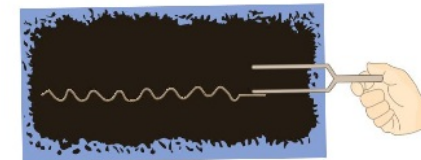
C 45 V

Hieronder zie je een eeg, een electrocardiogram, oftewel een hartfilmpje. Een hokje komt horizontaal overeen met 0,04 s. Bepaal met dit eeg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.



+ 46 V

Als je een stemvork aanslaat, gaan de benen van de stemvork trillen. Je kunt aan één been van de stemvork een naaldje vastmaken. Als je dit naaldje over een beroete glasplaat trekt, krijg je het beeld zoals hieronder.



Je trekt een stemvork met een snelheid van 0,16 m/s over een beroete glasplaat. Er zijn nu 23 trillingen te zien in een stuk dat 4,0 cm lang is. Bereken de frequentie van de stemvork.

+ 47 V

In deze paragraaf staat een formule voor het berekenen van T en een formule voor het berekenen van f.

Lees met een rekenvoorbeeld uit waarom je eigenlijk maar

Boek H/V

44

$$a) T = 4 \cdot 0,005 \text{ s} = 0,020 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,020 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$$

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

#### Stappenplan:

1. Zoek een enkele trilling in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af hoeveel hokjes de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de tijdbasis. Dit is T.
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.

8.3 Opdrachten

- A 32**
- Wat is een oscilloscoop?
  - Waarom heb je een microfoon nodig als je geluid zichtbaar wilt maken op een oscilloscoop?
  - Welke grootteheden staan er langs de assen in een oscilloscoopbeeld?

- A 33**
- Kies het juiste antwoord.
- De amplitude is het aantal trillingen per seconde / de maximale uitwijking.
  - Hoe groter de amplitude, hoe kleiner / groter de geluidssterkte.
  - Hoe groter de trillingstijd, hoe kleiner / groter de frequentie.
  - De snelheid van een trillend voorwerp is het grootst als het voorwerp de uiterste stand / evenwichtsstand bevindt.

- B 34**
- Een snaar trilt met een frequentie van 10 Hz.
- Bereken na hoeveel tijd deze snaar 80x heeft getrild.
  - Bereken hoelang één trilling duurt.

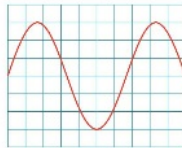
- B 35**
- Bereken de trillingstijd die hoort bij de volgende frequenties:
- 50 Hz in s en in ms
  - 2,0 kHz in s en in ms
  - 75 kHz in ms en in  $\mu$ s
  - 1,7 kHz in  $\mu$ s

- B 36**
- Bereken de frequentie die hoort bij de volgende trillingstijden:
- 0,00016 s in Hz en in kHz
  - 4,0 ms in Hz en in kHz
  - 33 ms in Hz
  - 5  $\mu$ s in kHz en in MHz

- B 37**
- Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van het geluid dat hoort bij de trillingsgrafiek van figuur 8.18.
  - Bereken de frequentie van het geluid.
  - Bereken zo nauwkeurig mogelijk hoeveel trillingen er in figuur 8.18 te zien zijn.
  - Leg uit op welk tijdstip de snelheid van de beener van de stemvork gelijk is aan nul.

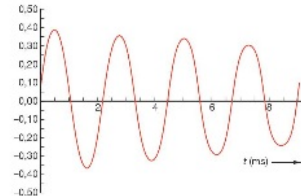
- B 38**
- Precies vier trillingen duren 0,128 s. Bereken f.

- B 39**
- Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder. Een hokje op de x-as stelt 0,02 s voor. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- Bepaal hoelang één trilling duurt.



- Bereken de frequentie van de trilling.
- Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie.
- Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo kleine amplitude.

- C 40**
- Met de computer maak je van een stemvork de trillingsgrafiek hieronder.



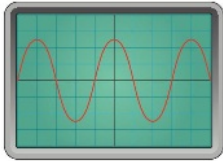
- Hoe zie je dat het geluid steeds zachter wordt?
- Bepaal hoeveel procent de amplitude na drie trillingen is afgenomen.
- Hoe zie je aan de grafiek dat de frequentie hetzelfde blijft?
- Bepaal deze frequentie.
- Leg uit op welk tijdstip de snelheid van de beener van de stemvork voor de vierde keer gelijk is aan nul.

Maak opg. 34 t/m 38.

Maak opg. 39, 40 en 42.

C 41

Je sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Het beeld van de oscilloscoop wordt zo ingesteld dat het horizontaal elk hokje overeenkomt met 5 ms. Verticaal stelt elk hokje 0,2 V voor.



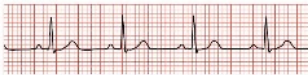
- Bepaal de frequentie waarop de toongenerator is ingesteld.
- Bepaal de amplitude van het signaal.

Je stelt de toongenerator nu zo in dat er precies vijf trillingen op het scherm passen. De toppen van de trilling passer nu nog net in het scherm. Je verandert de instellingen van de oscilloscoop niet.

- Kies de juiste antwoorden. De frequentie is nu *groter / kleiner*, de amplitude is *groter / kleiner*.
- Teken op het tekenblad in het hulpboek hoe een trilling met een frequentie van 30 Hz en een amplitude van 0,4 V op deze oscilloscoop eruitziet.

C 42

Hieronder zie je een eeg, een elektrocardiogram, oftewel een hartimpuls. Een groot hokje komt horizontaal overeen met 0,2 s.



Bepaal met dit eeg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.

C 43

Neem figuur 8.18 over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Hoe groot zijn de amplitude en de trillingstijd?
- Bepaal met de raaklijnmethode de snelheid waarmee het been van de stemvork door de evenwichtsstand gaat.

Voor de maximale snelheid geldt ook de formule:

$$v = \frac{2\pi \times \text{amplitude}}{\text{trillingstijd}}$$

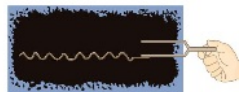
- Controleer je antwoord op **b** met deze formule.

Kies een tijdstip uit waar de uitwijking gelijk is aan de helft van de amplitude en waar je nog gemakkelijk een raaklijn kunt tekenen.

- Bepaal ook voor dat tijdstip de snelheid met een raaklijn.
- Maak op grond van je antwoorden op **b** en **d** de volgende zin op de juiste manier af: Als een voorwerp een uitwijking gelijk heeft aan de helft van zijn amplitude, is de snelheid *kleiner dan / gelijk aan / groter dan* de helft van de maximale snelheid.

+ 44

Als je een stemvork aanslaat, gaan de benen van de stemvork trillen. Je kunt aan één been van de stemvork een naaldje vastmaken. Als je dit naaldje over een beroete glasplaat trekt, krijg je het beeld zoals hieronder. De figuur is drie maal zo klein als in werkelijkheid.



- Bepaal de amplitude van de trilling.

Je hebt de stemvork met een snelheid van 0,16 m/s over de beroete glasplaat getrokken.

- Bereken de frequentie van de stemvork.

+ 45

Leg uit of de maximale snelheid van een trillend voorwerp

- groter of kleiner wordt als de amplitude toeneemt;
- groter of kleiner wordt als de frequentie toeneemt.

## Boek V/G

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.3 Trilling in beeld

Je kunt nu

- de trillingstijd bepalen uit een trillingsgrafiek;
- met een formule de trillingstijd en de frequentie berekenen;
- uit een trillingsgrafiek de amplitude en de trilsnelheid bepalen.

Maak opg. 39, 40 en 42.

## § 8.4 Toonhoogte

Hoe snel een bron uit zichzelf blijft trillen heet de **eigenfrequentie**. Deze eigenfrequentie hangt af van (snaar als voor- **lengte**: hoe korter de snaar, hoe groter de frequentie.

- **massa**: hoe lichter de snaar, hoe groter de
- **spankracht**: hoe strakker de snaar, hoe groter de frequentie.

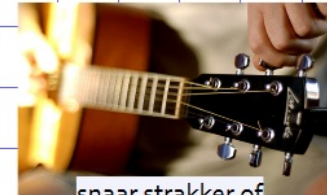
**Bord oefening 11:** Bedenk of onderstaande aanpassingen de frequentie van de bron vergroten of verkleinen:

1. Je maakt de trillende linaal korter (afb. *groter*)
2. Je neemt een andere stemvork die langer is (afb. *kleiner*)
3. Je hangt twee keer zoveel gewichtjes aan de stalen veer (afb. 3) *kleiner*
4. Je neemt een stuggere veer (afb. 3) *groter*
5. Je maakt de fluit korter door het handvat een stuk naar binnen te schuiven (afb. *groter*)
6. Je vult je longen en mondholte met helium (afb. 5) *groter*



## Hoofdstuk 8 Geluid

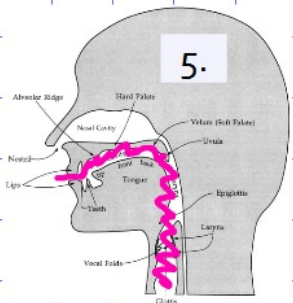
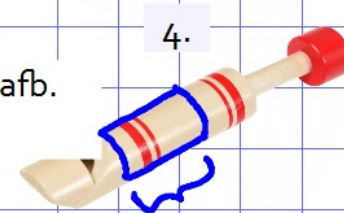
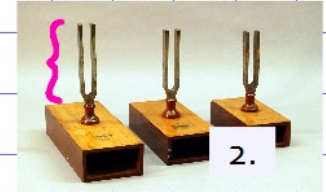
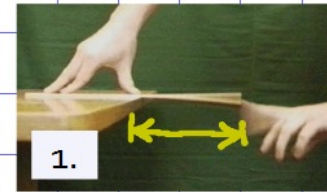
### § 8.4 Toonhoogte



snaar strakker of  
losser draaien

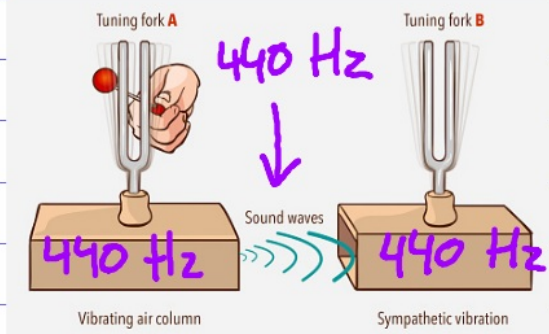


snaar korter of  
langer maken



Als een bron wordt blootgesteld aan geluid van precies deze eigenfrequentie gaat deze uit zichzelf meetrillen. Dit heet resonantie.

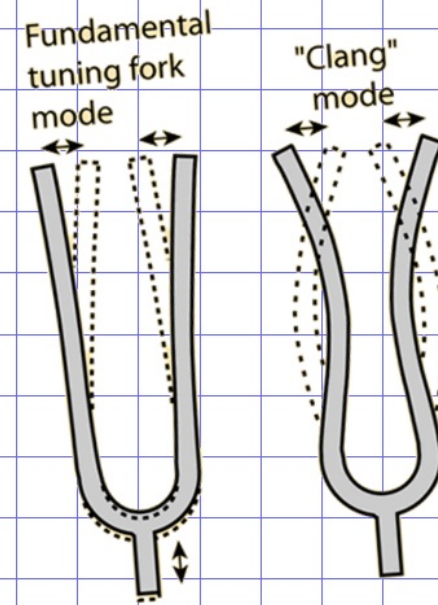
### Resonance of Sound Waves



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.4 Toonhoogte

Snelle denkvraag: maak deze verzwaring de frequentie van deze stemvork groter of kleiner?



# Hoofdstuk 8 Geluid

## § 8.4 Toonhoogte

C 55

Hieronder zie je vergroot de trillingsgrafiek uit figuur 8.21c. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de basisfrequentie van het geluid dat de blokfluit voortbrengt.



dus  $T = \frac{7 \text{ trillingen}}{9,0 \text{ ms}} = 0,78 \text{ ms}$

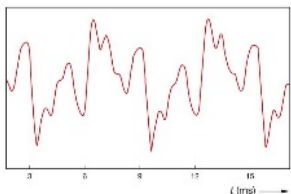
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00078} = 1282 \text{ Hz}$$

Maak opg. 49, 50, 53, 54, 55 en 57.

55

Je ziet een trillingsgrafiek van een toon van een klarinet.

- Bepaal de trillingstijd.
- Bereken de frequentie.
- Reken de frequentie om naar kHz.



57

Een pianostemmer stemt een piano. De a moet tussen de 440 en 442 Hz zitten. De snaar trilt met een trillingstijd van 2,29 ms. Kies het juiste antwoord. Moet de pianostemmer de snaar strakker of minder strak spannen?

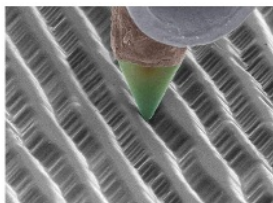
- Hij moet de snaar strakker spannen.
- Hij moet de snaar minder strak spannen.
- Dat is niet te zeggen.

58

Musici in een orkest beginnen vlak voor het concert met stemmen. Dat kunnen ze ook thuis al doen. Leg uit waarom het beter is dat in de concertzaal te doen.

59

De plaat van een platenspeler bevat sporen met heel kleine groefjes. De naald van de speler volgt deze sporen. Door de groefjes gaat de naald trillen. De speler zet de trilling van de naald om in een elektrisch signaal dat naar een versterker kan worden gestuurd.



Een platenspeler kan op verschillende snelheden ronddraaien. De meeste spelers kun je zowel op 45 als op 33 toeren instellen. Dit betekent dat de plaat 45 of 33 rondjes per minuut draait.

- Sommige platen zijn gemaakt om met 33 toeren te draaien. Leg uit wat er met de toonhoogte gebeurt als je deze platen op 45 toeren afspeelt.
- Bereken hoelang het duurt om één rondje op 45 toeren te maken.

Helemaal aan de buitenkant van de plaat is een fluittoon van 100 Hz opgenomen die op de plaat een lengte van de helft van de omtrek van de plaat inneemt. De platenspeler draait met 45 toeren.

- Bereken hoelang deze fluittoon te horen is.
- Bereken hoeveel groefjes er in de helft van de omtrek zitten.



## Boek H/V

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.4 Toonhoogte

Je kunt nu

- uitleggen wat frequentie en toonhoogte met elkaar te maken hebben;
- uitleggen hoe je de toonhoogte van een instrument kunt veranderen;
- uitleggen wat de klankkleur van een instrument is.

Maak opg. 49, 50, 53, 54, 55 en 57.

8.4 Opdrachten

A 46

Juist of onjuist? Verbeter waar nodig.

- a. Hoe langer de snaar, hoe hoger de toon.
- b. Bij een lage toon hoort een grote trillingstijd.
- c. Hoe korter de luchtkolom, hoe hoger de toon.
- d. Bij een noot van een octaaf hoger is de trillingstijd twee keer zo groot.
- e. Aan de laagste twee frequenties die in een uitgesproken klank voorkomen, herken je wel de klank uitspreekt.

A 47

- a. Leg uit hoe je met een blaasinstrument een lagere toon maakt.
- b. Op welke drie manieren kun je met een snaarinstrument een hogere toon maken?

E 48

Aan de afmeting van een muziekinstrument kun je al zien of het hoge of juist lage toeren maakt. Leg uit welk instrument de hoogste tonen maakt: een cello of een blokfluit?

E 49

- a. Leg uit welke vork de hoogste toon geeft.
- b. Leg uit welke vork de laagste toon geeft.



E 50

De stem van een baby van acht maanden is anders dan die van een kind van acht jaar. Geef aan wie over het algemeen een hogere stem heeft: een baby of een kind.

B 51

Ireen speelt de noot c1 op een saxofoon.

- a. Bereken de trillingstijd van het geluid dat dan ontstaat.

Even later speelt ze een stuk in een toonsoort 'reine kwint'. Daarbij zijn steeds rozen gecombineerd die zeven stappen op de toonladder van elkaar zijn verwijderd.

- b. Laat zien dat de frequenties van de gecombineerde rozen zich verhouden als 3 : 2.

C 52

Heronder zie je vergroot de trillingsgrafiek van de blokfluit uit figuur 8.23c.

- a. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van de laagste toon in het geluid dat de blokfluit maakt.



Naast de laagste toon maakt de blokfluit tegelijkertijd nog een hogere toon.

- b. Leg uit hoe je dat aan de grafiek ziet.
- c. Leg uit of die toon een grotere of kleinere amplitude heeft.

C 53

Een pianostemmer stemt een piano. De a moet tussen de 440 en 442 Hz zitten. De snaar trilt met een trillingstijd van 2,29 ms. Moet de pianostemmer de snaar strakker of minder strak spannen?

- A. strakker
- B. minder strak
- C. dat is niet te zeggen

Maak opg. 46 t/m 50, 52, 53.



## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.4 Toonhoogte

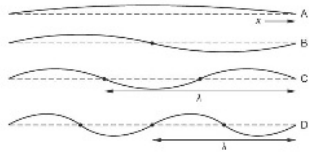
## Boek V/G

C 54

Musici in een orkest beginnen vlak voor het concert met stemmen. Dat kunnen ze ook thuis al doen. Leg uit waarom het beter is dat in de concertzaal te door.

+ 55

In figuur 8.1 heb je gezien hoe een trommelvel trilt. Ook van een trillende snaar kun je de uiterste standen van de trilling tekenen. Zie figuur A. Een snaar kan meerdere trillingen tegelijkertijd voortbrengen. Zie de figuren B, C en D.



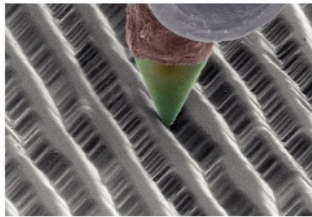
De tekeningen lijken op trillingsgrafieken. Hier staat niet de tijd langs de horizontale as, maar de plaats. Het zijn dus geen  $(t, f)$ - maar  $(x, x)$ -diagrammen. In een  $(t, f)$ -diagram staat een berg en een dal samen voor een trillingstijd  $T$ , in een  $(x, x)$ -diagram voor de golflengte  $\lambda$ .

De trillingstijd  $T$  van de toon die de snaar maakt is recht evenredig met de golflengte  $\lambda$ .

- a Leg uit of de toon die de snaar in figuur C maakt hoger of lager is dan de toon in figuur B.
- b Welke tonen verschillen een octaaf?
- A die van figuur A met die van B
  - B die van figuur A met die van C
  - C die van figuur A met die van D

+ 56

De plaat van een ouderwetse platenspeler bevat sporen met heel kleine groefjes. De naald van de speler volgt deze sporen. Door de groefjes gaat de naald trillen. De speler zet de trilling van de naald om in een elektrisch signaal dat naar een versterker gestuurd kan worden.



Een platenspeler kan op verschillende snelheden ronddraaien. De meeste spelers kun je zowel op 45 als op 33 toeren (toeren per minuut) instellen.

- a Sommige platen zijn gemaakt om met 33 toeren te draaien. Leg uit wat er gebeurt met de toonhoogte als je deze platen op 45 toeren afspeelt.
- b Bereken hoelang één rondje op 45 toeren duurt.

Helemaal aan de buitenkant van de plaat is een fluittoon van 100 Hz opgenomen die op de plaat een lengte van de helft van de omtrek van de plaat inneemt. De platenspeler draait met 45 toeren.

- c Bereken hoelang deze fluittoon te horen is.
- d Bereken hoeveel groefjes in de helft van de omtrek zitten.



### Je kunt nu

- uitleggen wat frequentie en toonhoogte met elkaar te maken hebben;
- uitleggen hoe je de toonhoogte van een instrument kunt veranderen;
- uitleggen wat de klankkleur van een instrument is;
- rekenen met frequenties van muzieknoten;
- beschrijven hoe in spraak klankers en stemmen herkenbaar zijn.

Maak opg. 46 t/m 50, 52, 53.

# - ACTIVITEITEN -

Op de volgende bladzijden staat informatie over activiteiten die in de les gedaan zijn.

Ook weer nuttig om nog eens naar te kijken en over na te denken.

# Practicum bij §8.4: frequentie van massa-

## veersystemen

Bepaling 1: Dikke veer

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

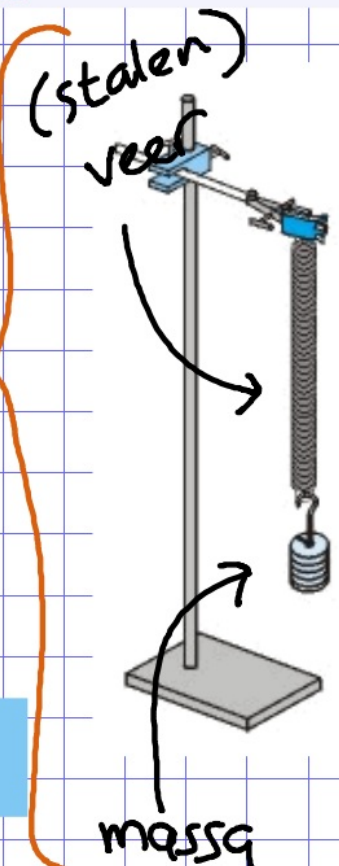
Bepaling 2: Dunne veer

m (g)	10T (s)	T (s)	f (Hz)
0	—	—	—
50	2,24	0,22	4,54
100	4,01	0,40	2,50
150	5,24	0,52	1,92
200	6,10	0,61	1,64
250	6,34	0,634	1,58
300	6,99	0,699	1,43

m (g)	10T (s)	T (s)	f (Hz)
0	—	—	—
50	7,32	0,73	1,34
100	10,27	1,03	0,97
150	12,53	1,25	0,80
200	14,37	1,44	0,69
250	16,00	1,60	0,63
300	17,61	1,76	0,57

# Hoofdstuk 8 Geluid

## § 8.4 Toonhoogte

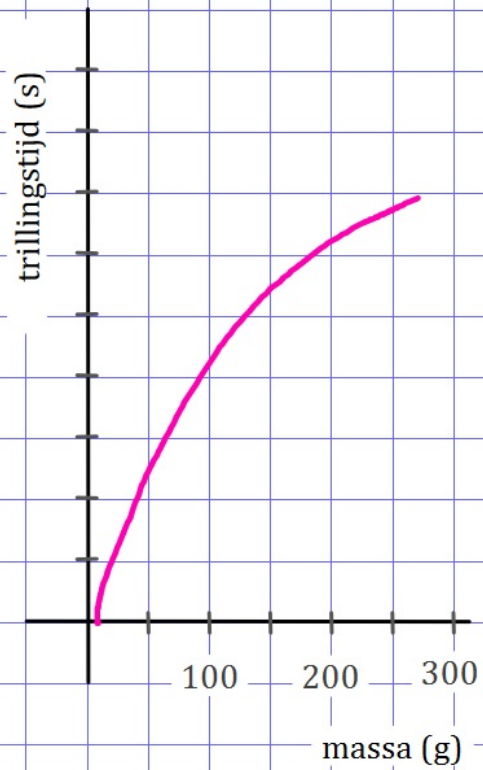


Doen: hang telkens een extra gewichtje aan de veer en meet de tijd voor tien trillingen.

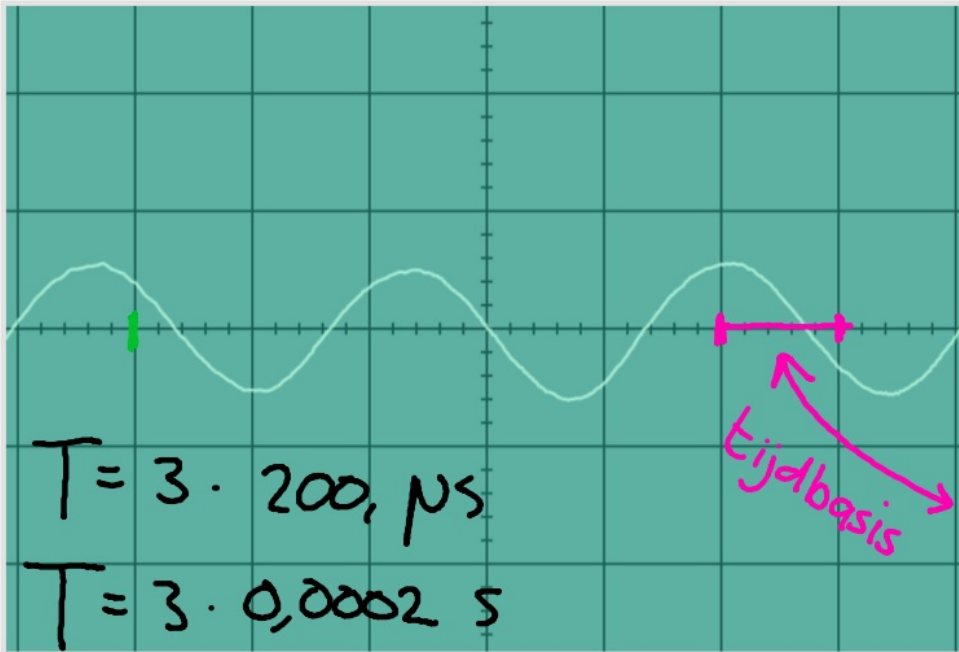
# Practicum bij §8.4: frequentie van massa-veersystemen

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.4 Toonhoogte



## Practicum bij §8.3: frequentie meten met oscilloscoop



$f = \frac{1}{0,0003} = 3333 \text{ Hz}$

grafiek horizontaal →  
verschuiven

The control panel on the right side of the oscilloscope interface includes the following settings and annotations:

- Input: Live Input (5 V peak am)
- Freeze Live Input:  (circled in blue)
- Input Wave Frequency: 250 Hz (circled in blue, with handwritten text 'beeld vastzetten')
- Oscilloscope gain: 1.0
- Seconds / div: 1 ms (circled in pink)
- Volts / div: 5 V
- Horizontal Offset: (circled in yellow)
- Vertical Offset: (circled in yellow)

## Hoofdstuk 8 Geluid

### § 8.4 Toonhoogte

**Opdracht:** gebruik de online oscilloscoop om drie metingen te doen:

1. Verifieer de frequentie van een stemvork naar keuze.

2. Bepaal de frequentie waarop je comfortabel een zuivere toon kunt zingen.

3. Bepaal de golfvorm van een onzuiver geluid naar keuze. → teken na

