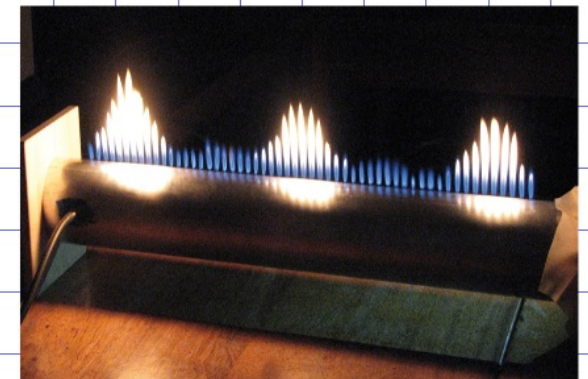
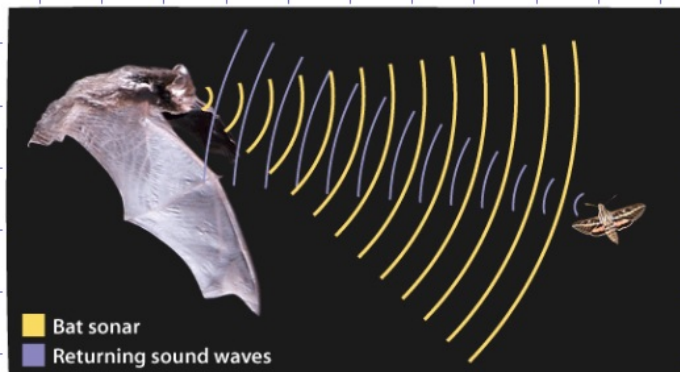


Hoofdstuk 8 Geluid



Leerdoelen

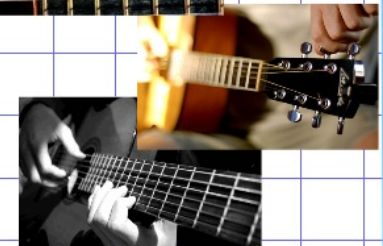
- §8.1 A. Je voorbeelden kunt noemen van **geluidsbronnen**.
 B. Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het **bron-medium-ontvangermodel** en dit kunt herkennen in situaties.
 C. Je kunt uitleggen wat de termen **amplitude** en **evenwichtsstand** met **geluidsterkte** te maken hebben.



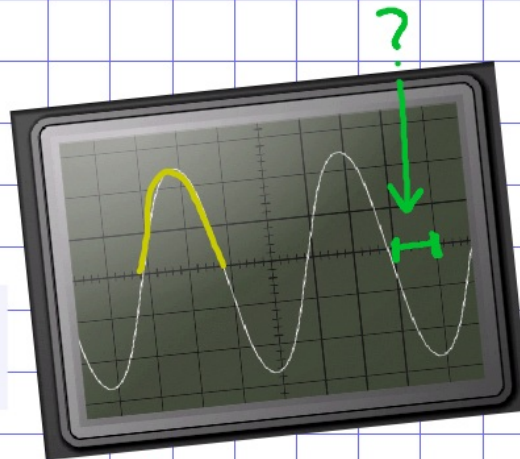
- §8.2 D. Je kunt uitleggen wat de termen **frequentie** en **trillingstijd** met **toonhoogte** te maken hebben.

- E. Je kunt rekenen aan trillingstijd en frequentie met de formules:

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



- §8.3 F. Je kunt rekenen aan geluidsterkte met rekenregels van de eenheid **decibel**.



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.

lucht (20 °C), v = 343 m/s
 lucht (0 °C), v = 332 m/s
 helium (20 °C) = 927 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

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

- §8.4 G. Je kunt een frequentie en trillingstijd **uitrekenen uit een oscilloscoopbeeld**.

- §8.5 H. Je kunt rekenen aan de **snelheid van geluid** met de **snelheidsformule**:

soorten geluid	geluidsterkte (dB)
net niet te horen, gehoordrempel	0
zacht gefluister, vallend blaadje	10-15
fluisteren door veel kinderen	20
normale slaapkamer	25
autoverkeer in een rustige straat	40-50
druk gesprek	60
gepraat, druk verkeer	70
brommer	80
piano, trompet	90
trein (120 km/h)	100
popgroep	115
stratend straalvliegtuig	130
pijngrens (bij 25 hz)	140
ernstige gehoorbeschadiging	150

8.13 De geluidsterkte op 1 m afstand

Hoofdstuk 8: Geluid

Welke grootheden en eenheden komen voor in dit hoofdstuk?

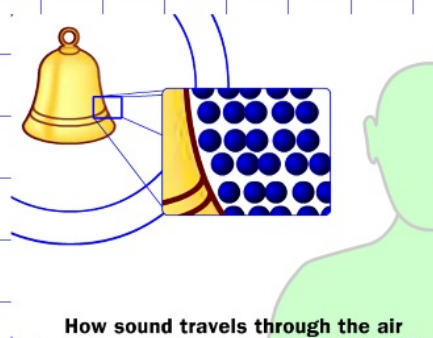
Grootheid		symbool in formule	Eenheid	symbool in eindantwoord
§2 {	afstand	s	meter	m
	tijdsduur	t	seconde	s
	snelheid	v	meter per seconde	m/s
§3 {	frequentie	f	hertz	Hz
	trillingstijd	T	seconde	s

Hoofdstuk 8: Geluid

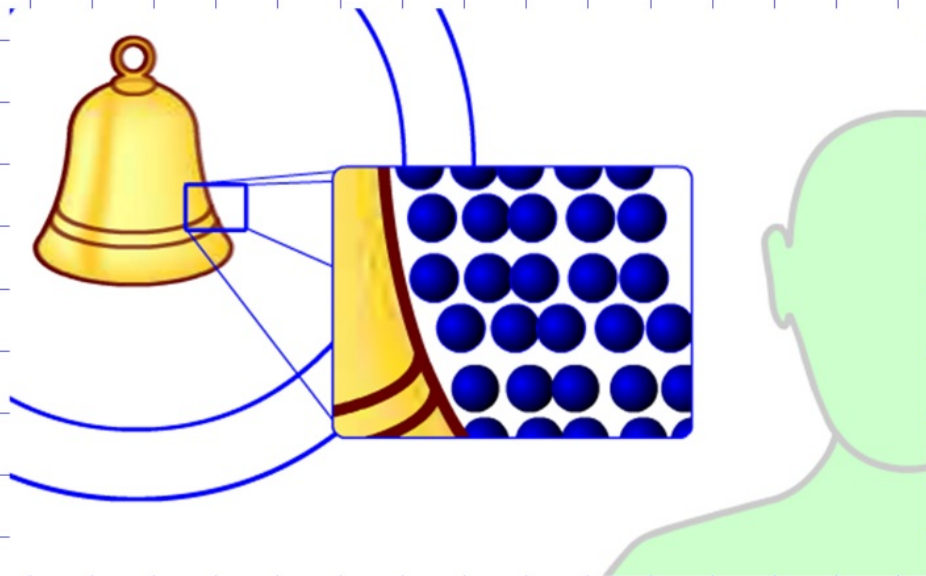
- *CONTEXT* -

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!

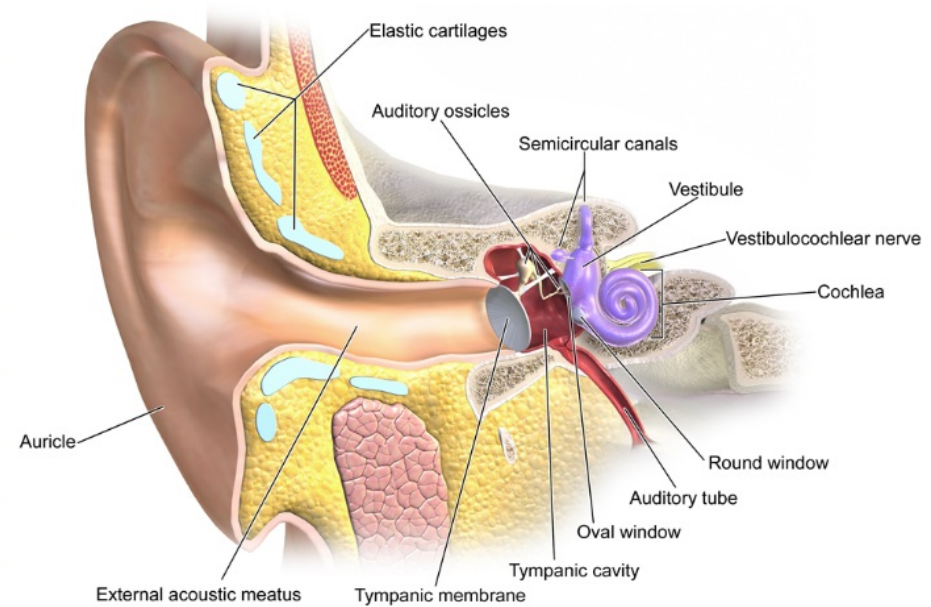
"Hoe wordt geluid veroorzaakt?"



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

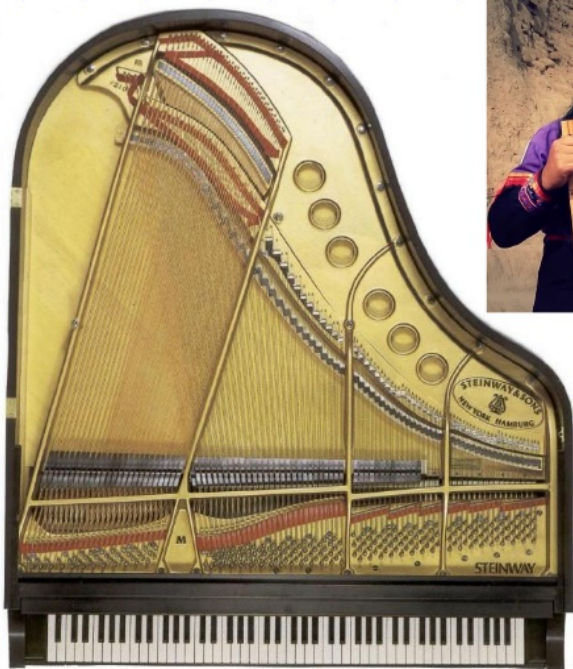


bron ——— medium ——— ontvanger



The Anatomy of the Ear

"Hoe maken instrumenten verschillende toonhoogten?"



"Kun je een glas kapotmaken met je stem?"



Glas breken met stem (Physics Girl, YouTube)



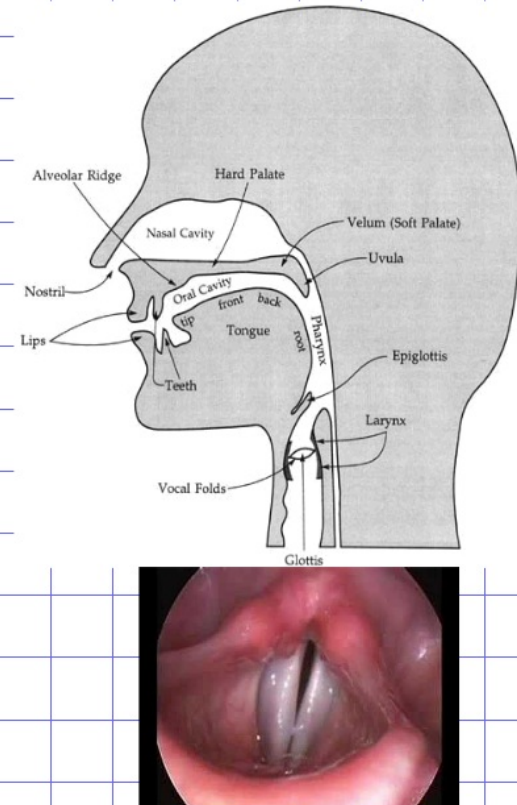
Glas breken met luidspreker (YouTube)

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

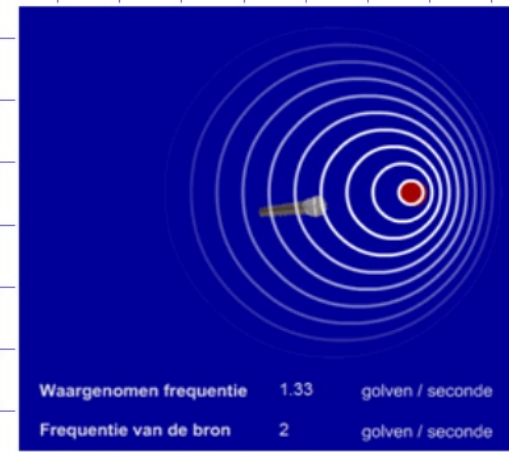
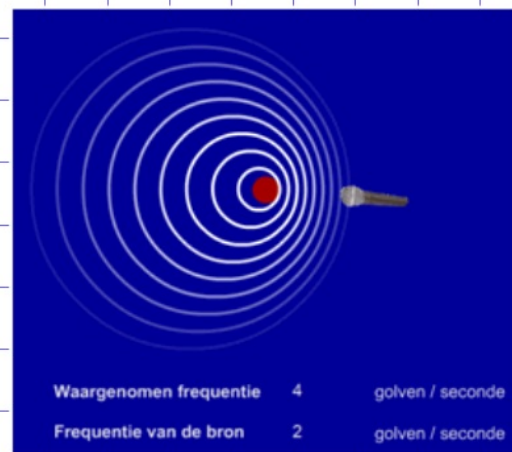
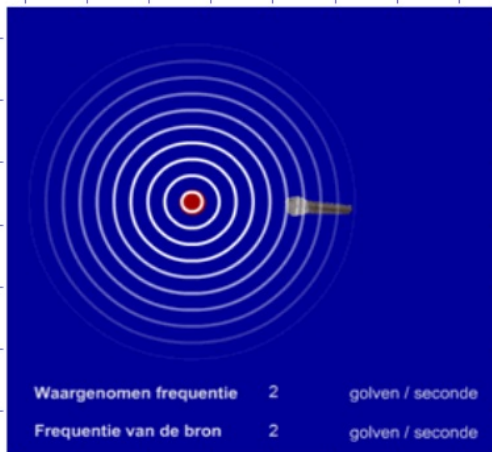


[Morgan Freeman and Jimmy Fallon on Helium \(YouTube\)](#)

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



"Hoe ontstaat het Doppler-effect?"



Doppler (Animatie, Emb)

"Hoeveel geluid kun je veilig verdragen?"

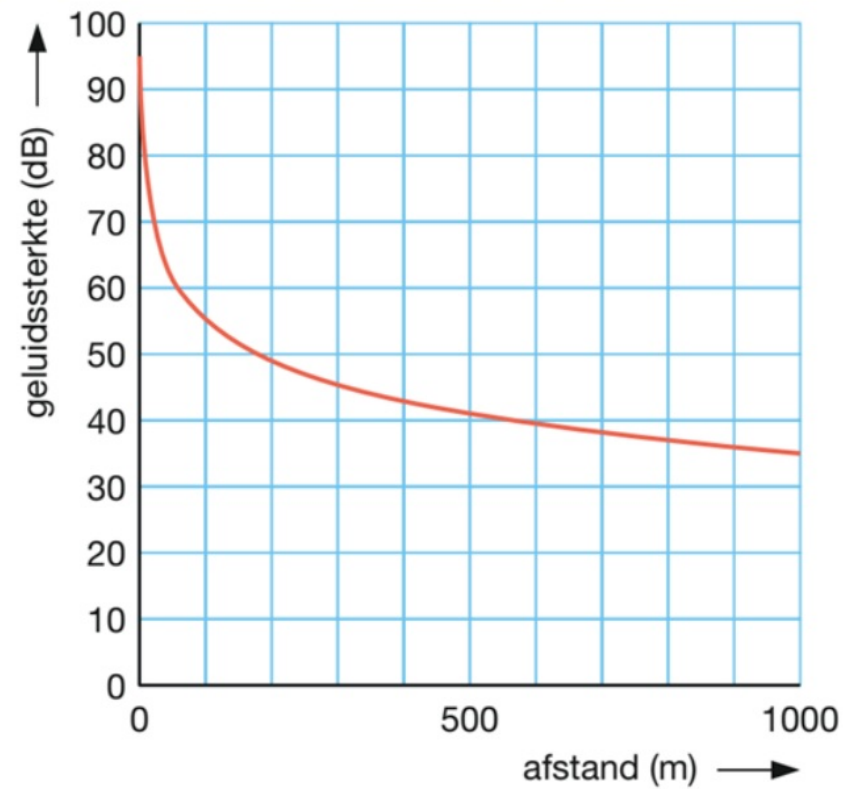
Veilig geluidsniveau op het werk



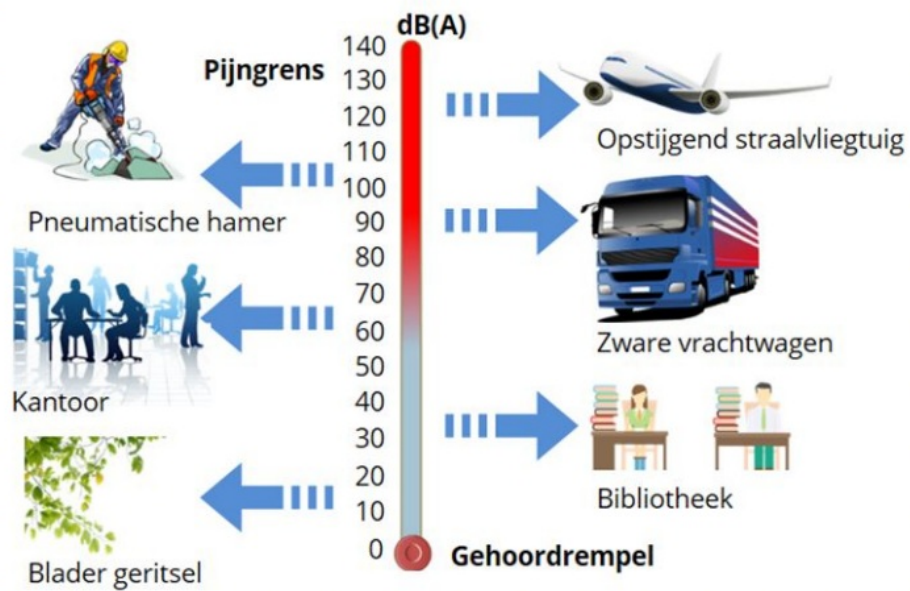
Geluidsniveau 	Aantal uren p/dag 	Aantal dagen p/week 
80 dB(A)	8	5
83 dB(A)	4	5
86 dB(A)	2	5
89 dB(A)	1	5
92 dB(A)	30 minuten	5
95 dB(A)	15 minuten	5
98 dB(A)	7,5 minuten	5
101 dB(A)	3,5 minuten	5
80 dB(A)	40	1
83 dB(A)	20	1
86 dB(A)	10	1
89 dB(A)	5	1
92 dB(A)	2 uur, 30 min	1
95 dB(A)	1 uur, 15 min	1
98 dB(A)	35 minuten	1
101 dB(A)	17 minuten	1
80 dB(A)	20	2
83 dB(A)	10	2
86 dB(A)	5	2
89 dB(A)	2 uur, 30 min	2
92 dB(A)	1 uur, 15 min	2
95 dB(A)	35 minuten	2
98 dB(A)	17 minuten	2
101 dB(A)	8,5 minuten	2

Deze norm is opgenomen in de Arbowet, en stelt dat je 8 uur per dag, 5 dagen per week (of 40 uur per week) aan 80 decibel mag worden blootgesteld. Ervan uitgaande dat je dat 40 jaar lang doet. De Arbonorm is dus een stuk strenger dan de norm voor geluid in de vrije tijd.

"Hoe meet de politie het geluidsniveau van je scooter?"



"Hoeveel decibel is de pijngrens?"

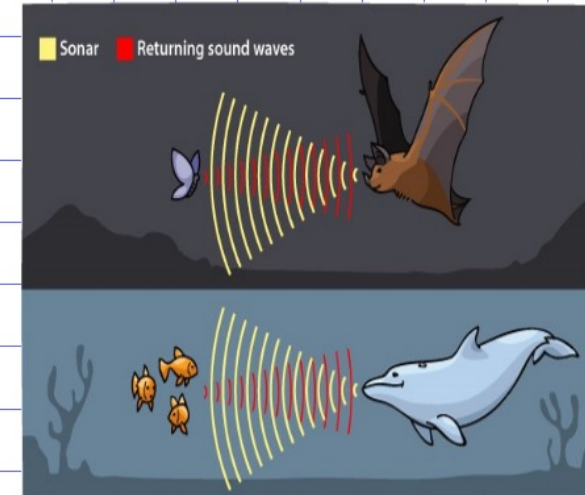
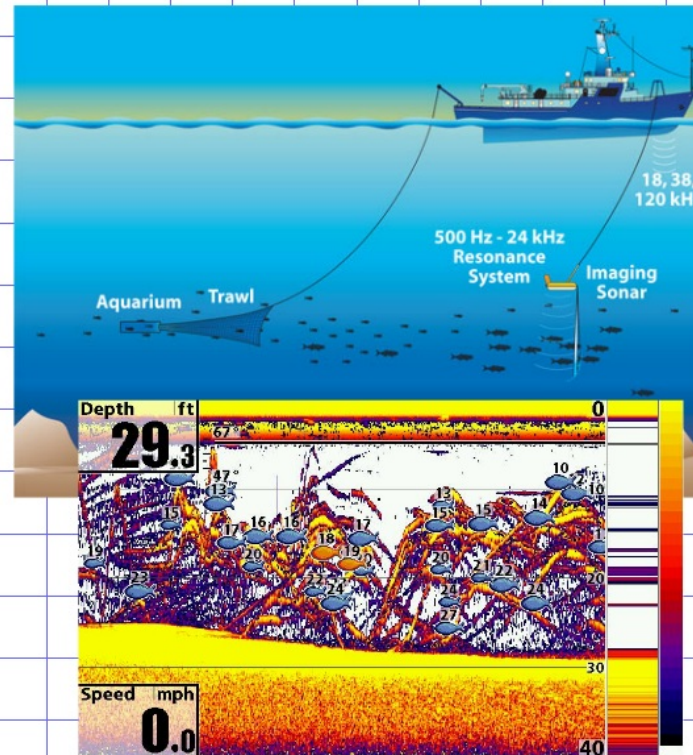
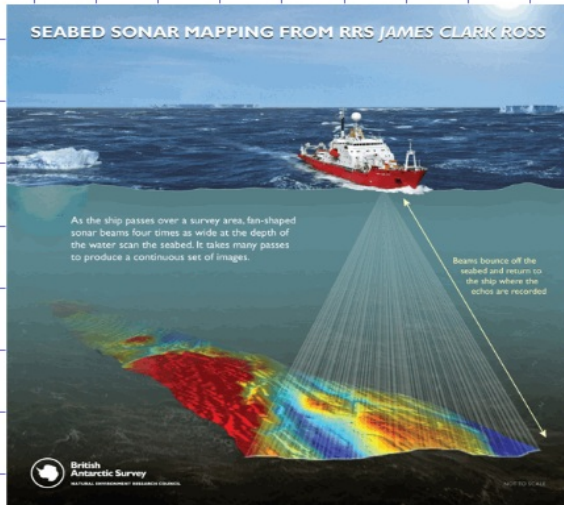


Doppler (Animatie, Emb)

"Hoe ver is het onweer bij je vandaan?"

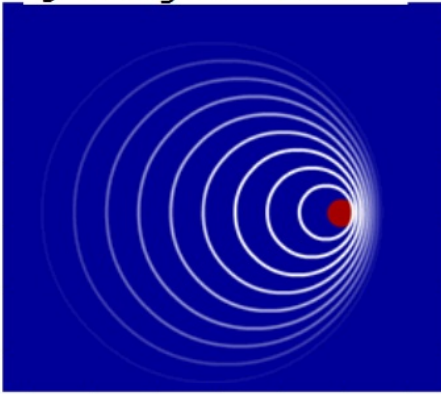


"Hoe werkt sonar?"

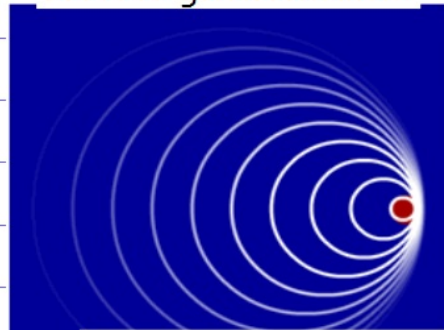


"Hoe ontstaat de supersone knal?"

90% vd geluidssnelheid

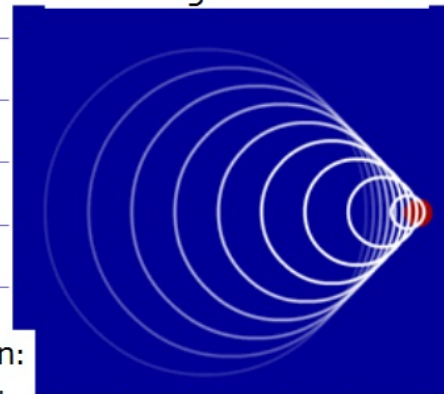


100% vd geluidssnelheid



ophoping van verdichtingen:
superhoge drukgolf = knal

110% vd geluidssnelheid



Chuck Yeager

14 oktober 1947



F/A-18



Space Shuttle



Landrecord Snelheid



Moderne raket



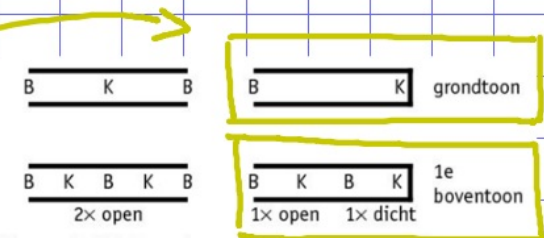
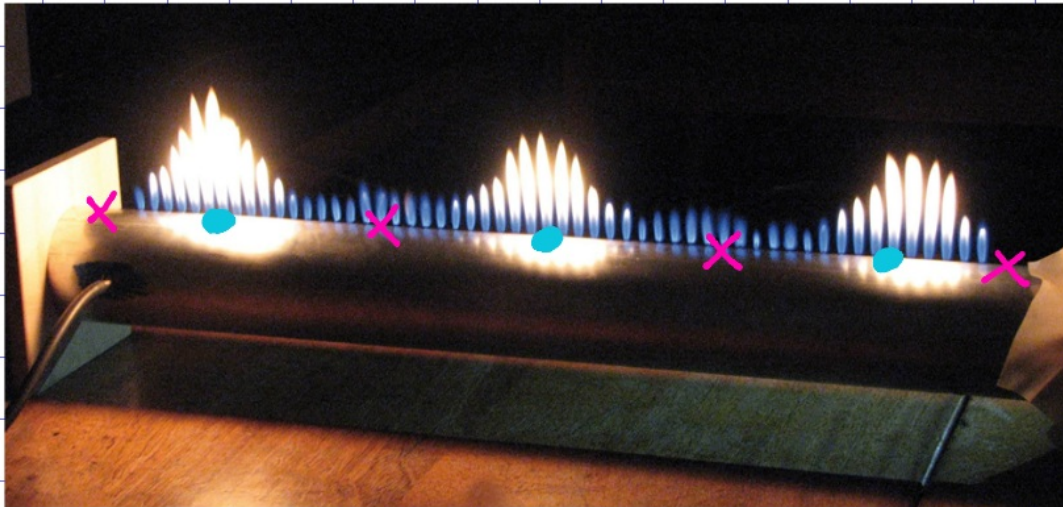
Doppler (Animatie, Emb)

Sonic Boom
Compilatie (YouTube)

"Hoe ontstaat dit vlammenpatroon?"



"Hoe zijn staande golven zichtbaar te maken?"



▲ **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 kun je trillingen analyseren met een oscilloscoop?"

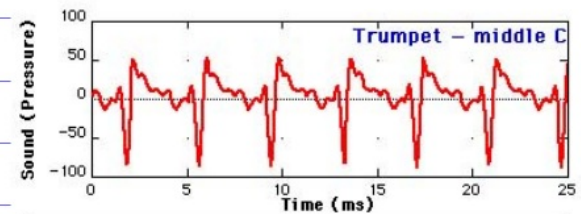
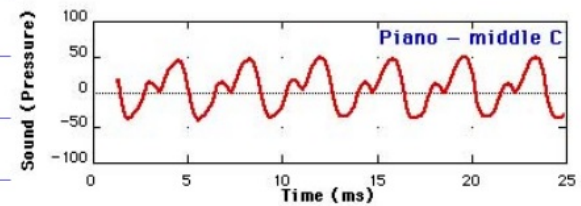
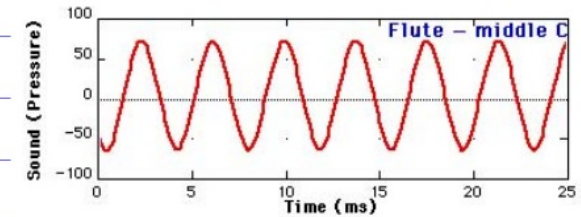
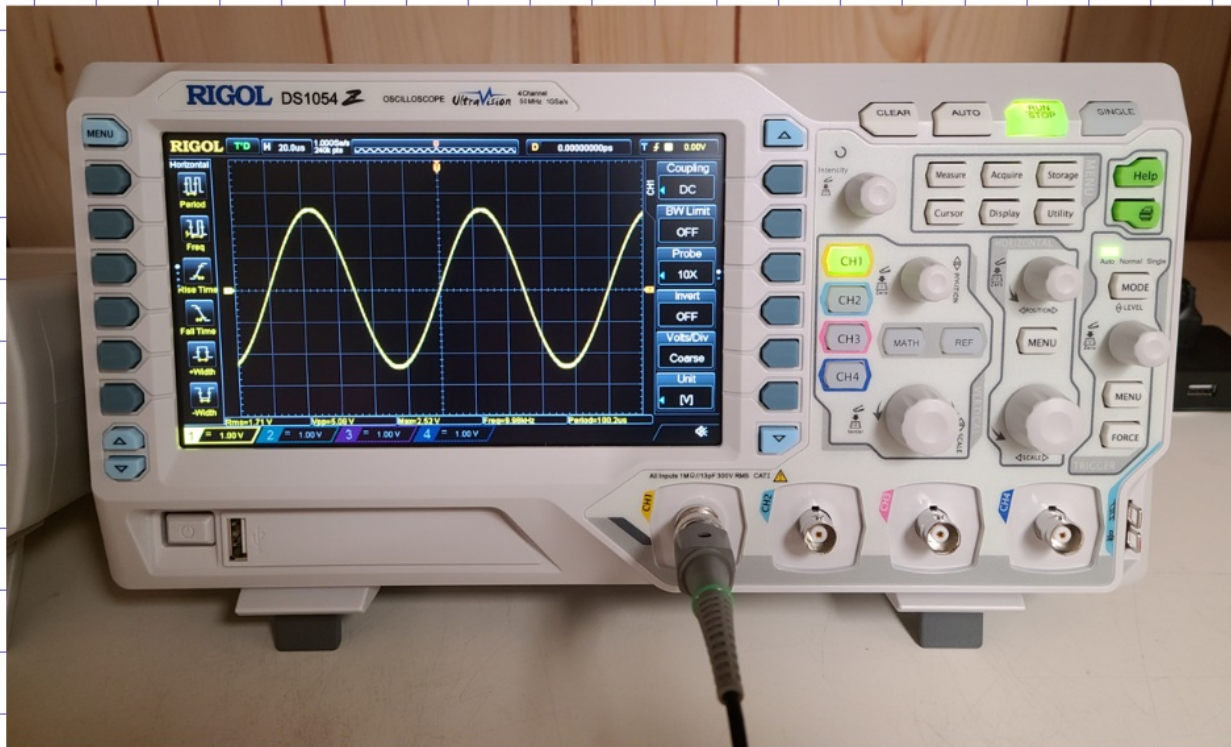
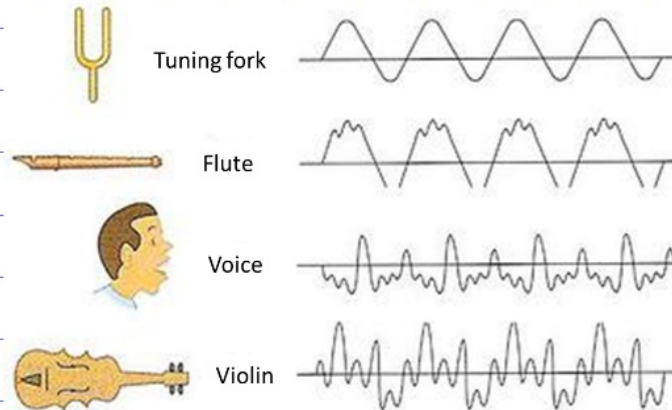


Figure 12.10 Middle C has the same fundamental frequency when played on different instruments. However the collection overtones or harmonics is different for different instruments these provide the quality, timbre, or voice that makes instruments distinct.

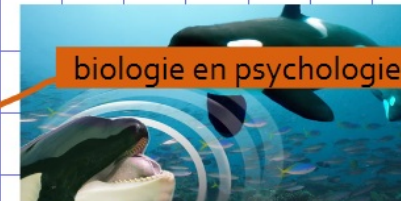
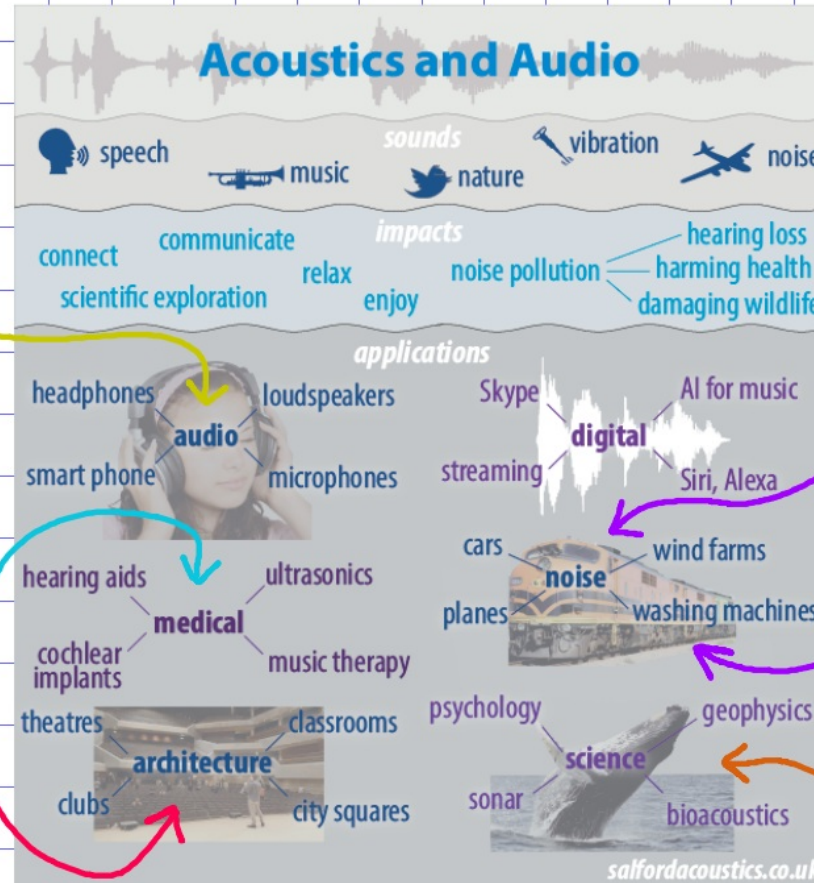
"Waardoor krijgen instrumenten hun klankkleur?"



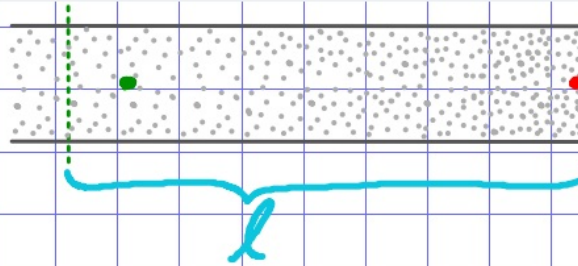
← ruwe klank → zuivere klank



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



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



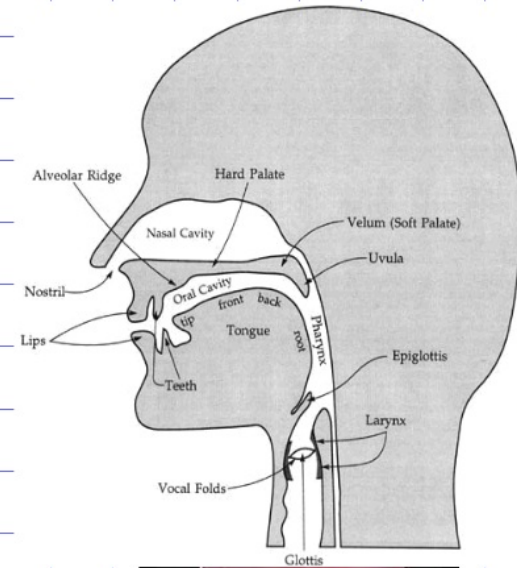
$$l = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

$\uparrow$ lengte v.d. pijp
 $\uparrow$ gehele getallen invullen voor n

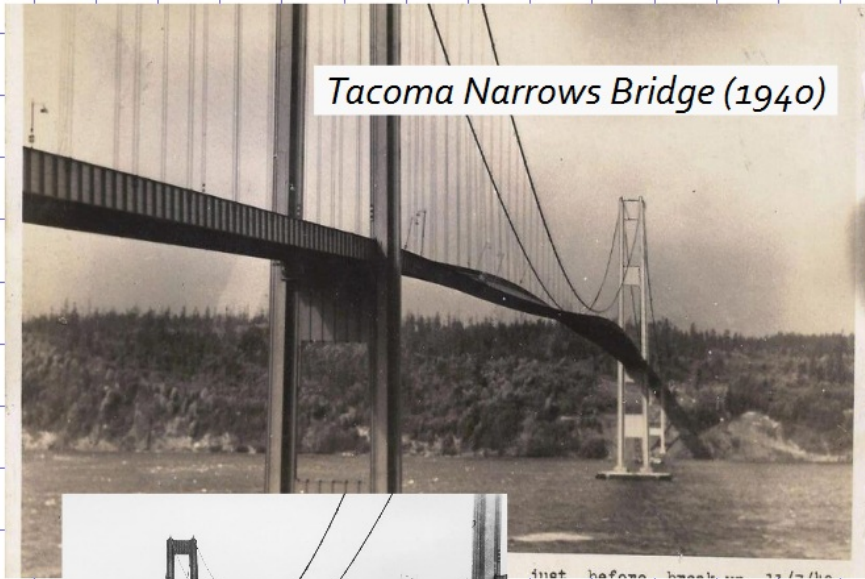
golflengte die op diens beurt weer gerelateerd is aan f en v

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

v ← golfsnelheid hangt alleen van het medium af
 f ← frequentie hangt alleen van de bron af



"Hoe moeten bouwkundigen rekening houden met trillingen?"



Tacoma Narrows Bridge (1940)



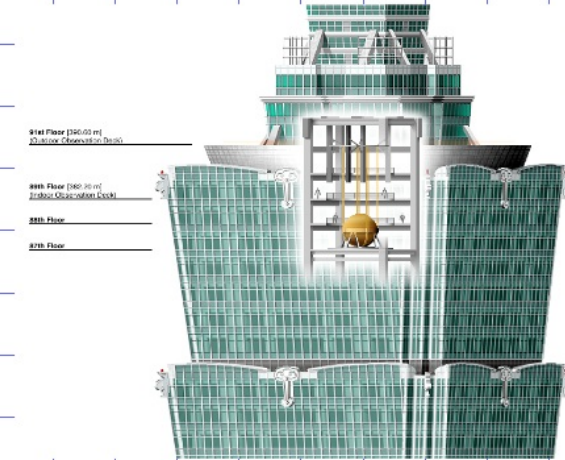
Tacoma Narrows Bridge (YouTube)



Erasmusbrug (1996)



"Hoe moeten bouwkundigen rekening houden met trillingen?"



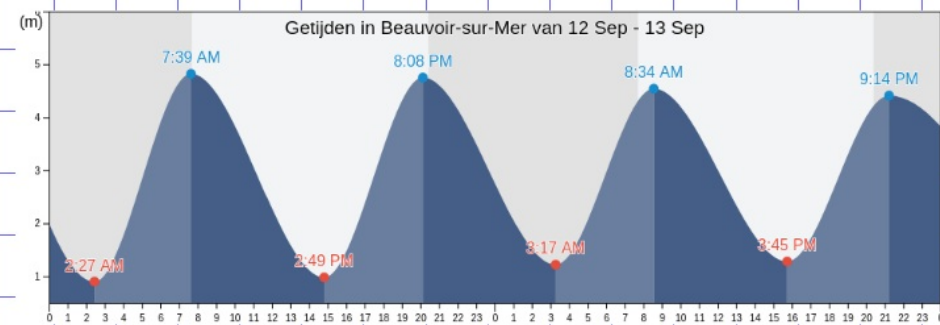
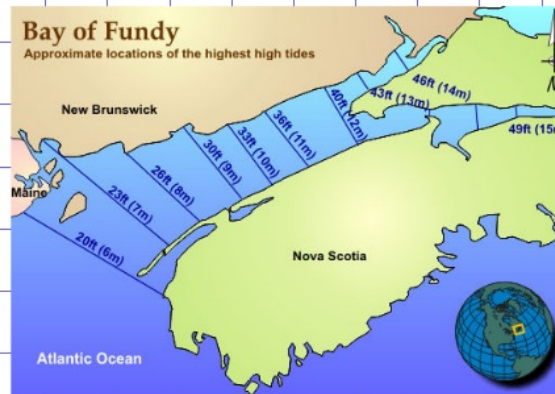
Gestemde Massademper

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

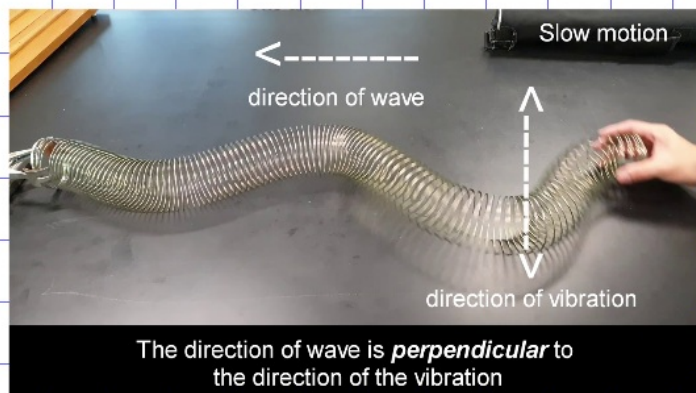
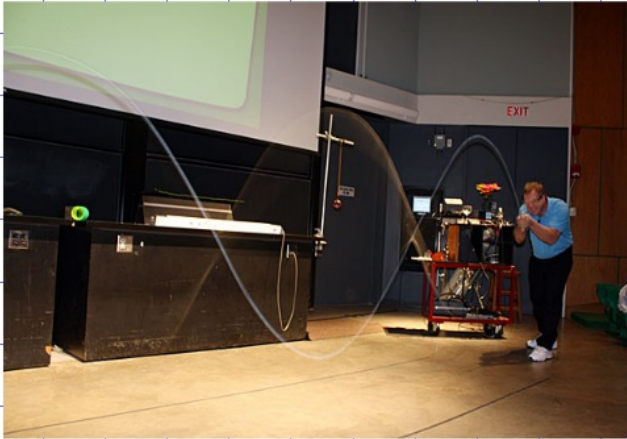




*"Hoe hoog staat het water
vanmiddag om 13.00u?"*



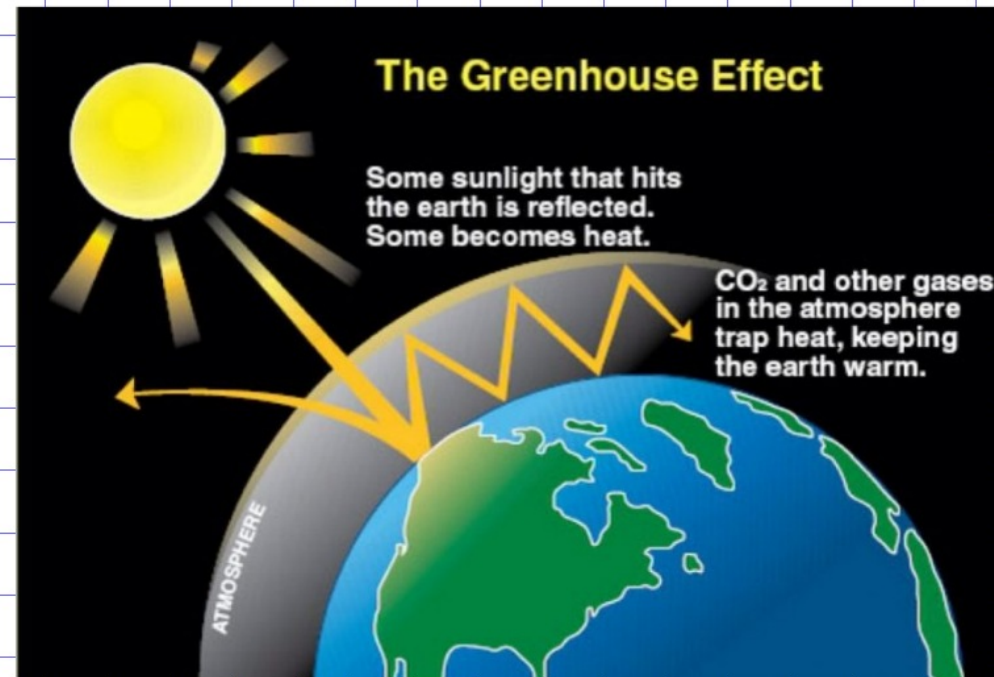
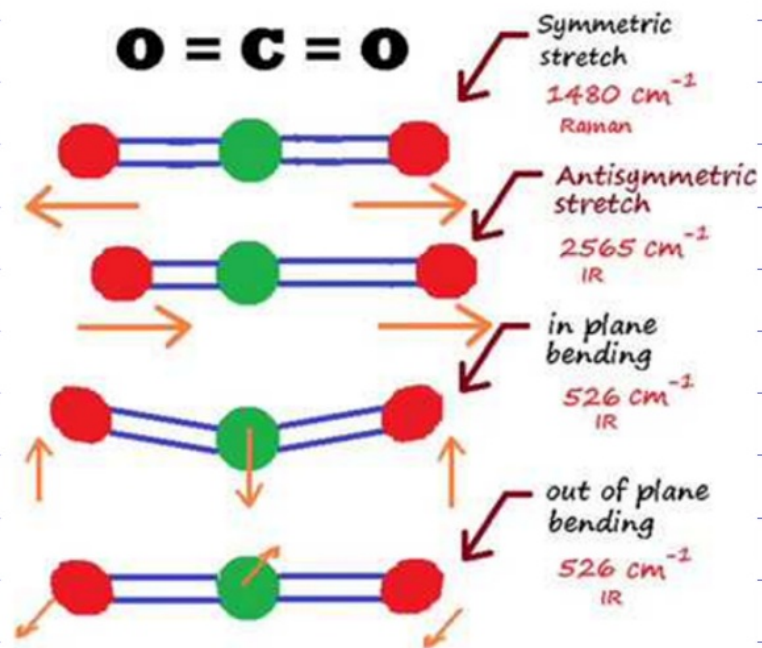
"Welke mechanische golven zijn er?"



"Hoe werken antennes?"



"Hoe zijn trillingen op atomaire schaal belangrijk?"

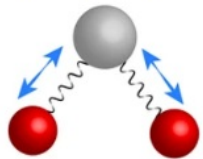
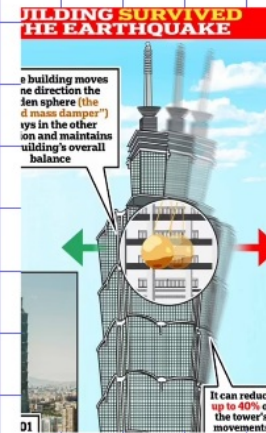
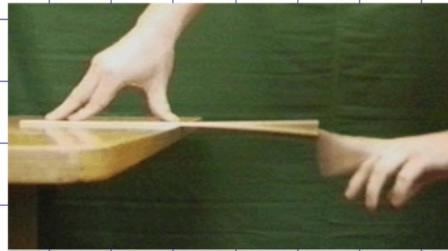


"Met welk ritme moet je duwen om de schommel steeds hoger te laten gaan?"

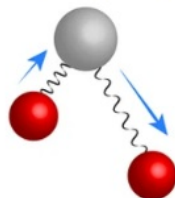


Extreme swinging (YT)

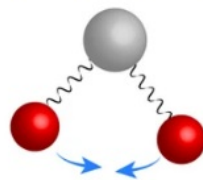
"Wat zijn veer-massasystemen?"



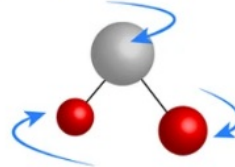
symmetric stretching vibration



asymmetric stretching vibration



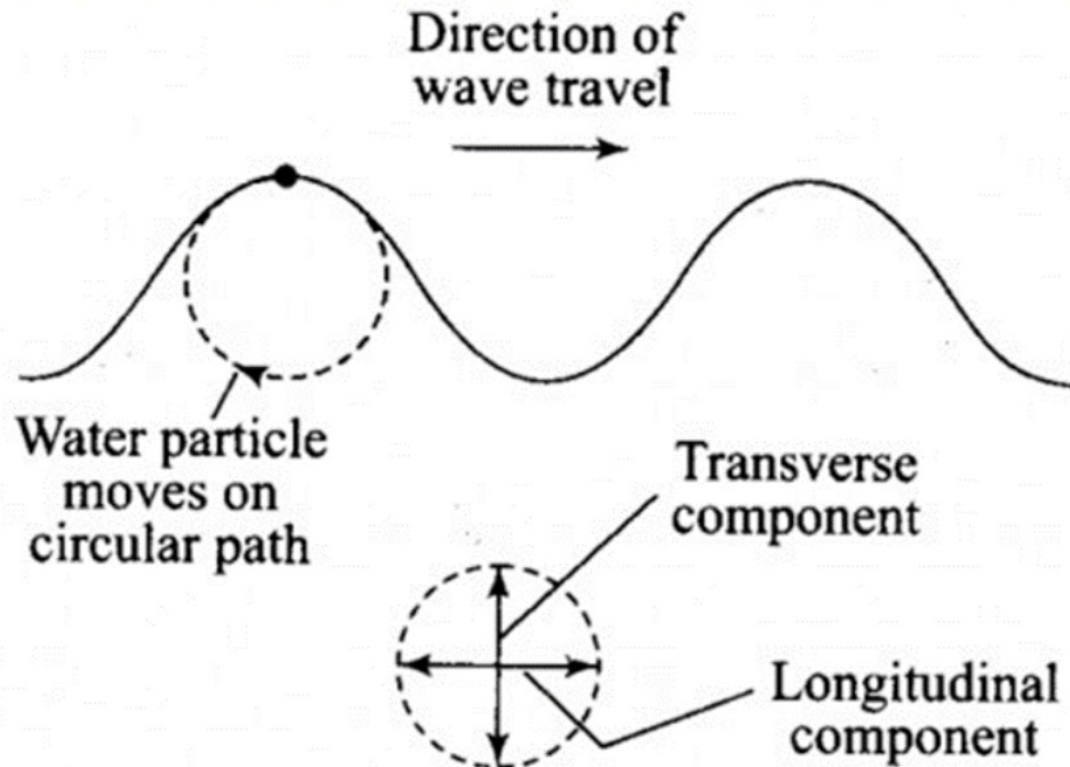
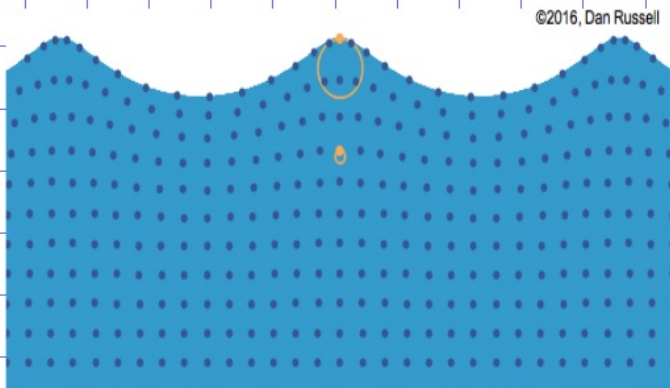
deformation vibration



rotation



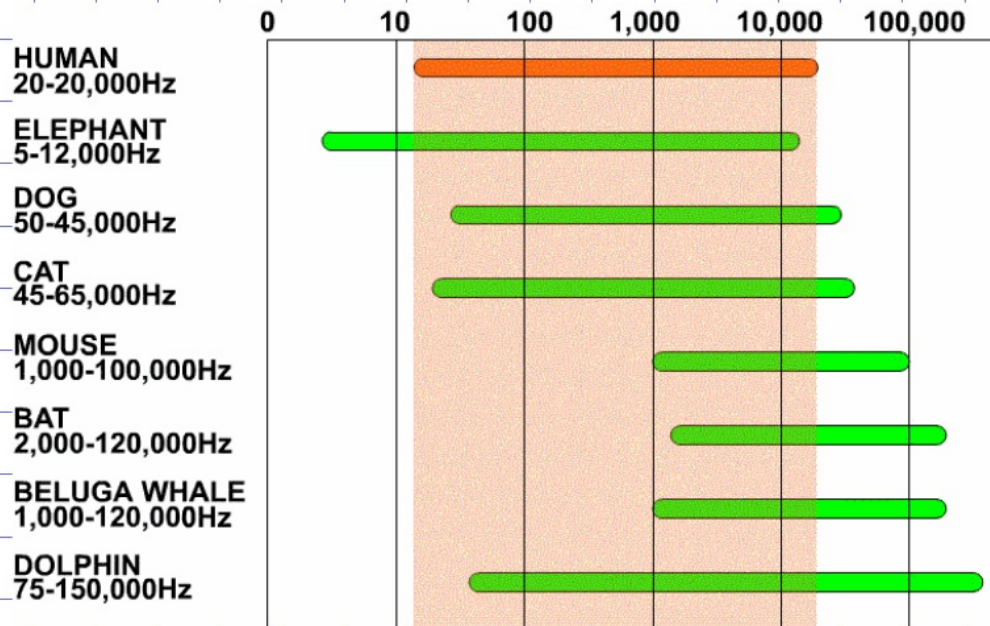
"Zijn golven op zee transversaal of longitudinaal?"



"Wat wordt er precies door een golf verplaatst?"



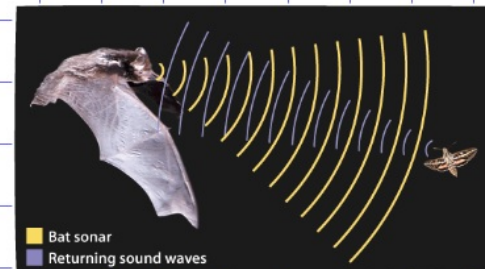
"Wat is het gehoorbereik van mensen en dieren?"



anti-hond



pro-hond



[audiogram \(online\)](#)

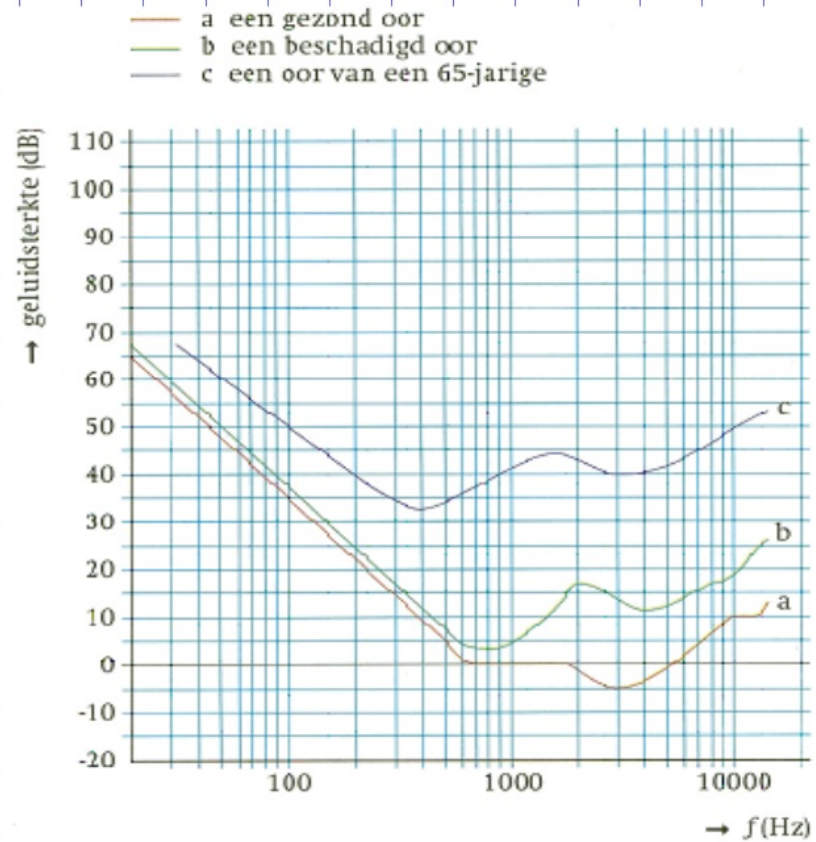
"Hoe werkt de mosquito-hangtuigverjager?"



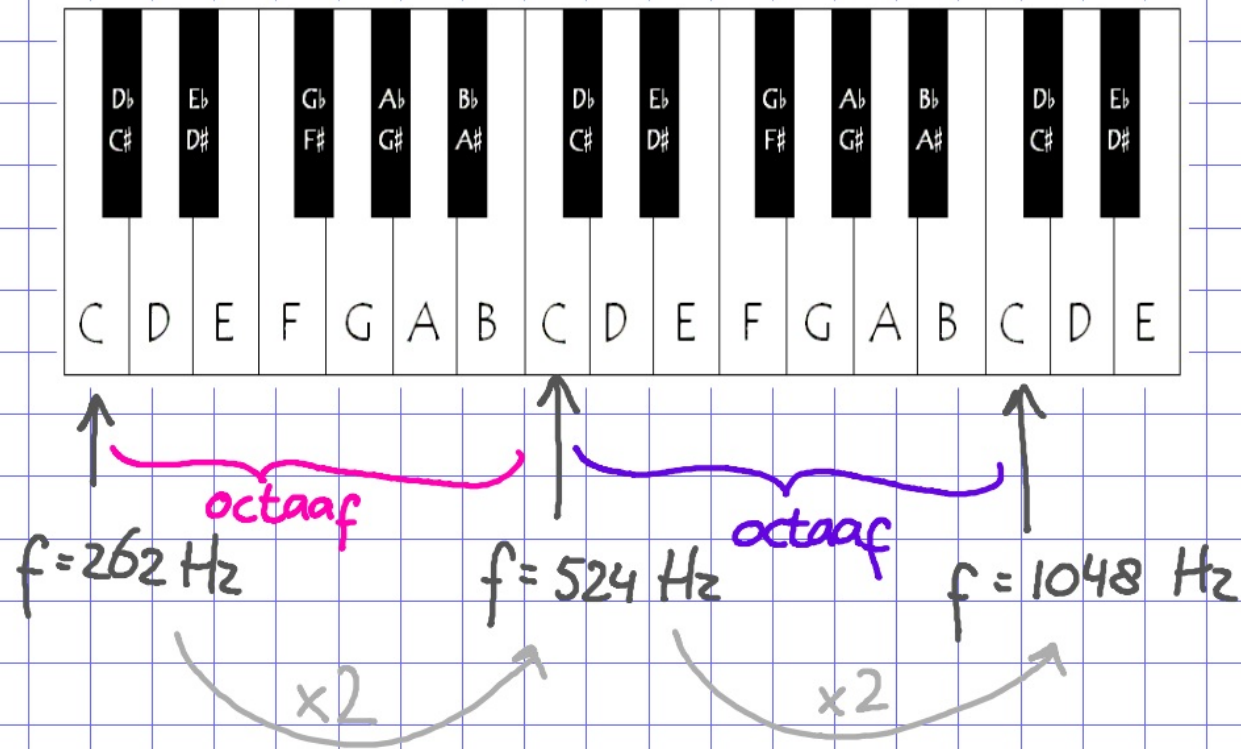
[mosquito \(Embed\)](#)



"Hoe werkt een gehoortest?"



"Welke relatie is er tussen de muzieknoten en frequentie?"



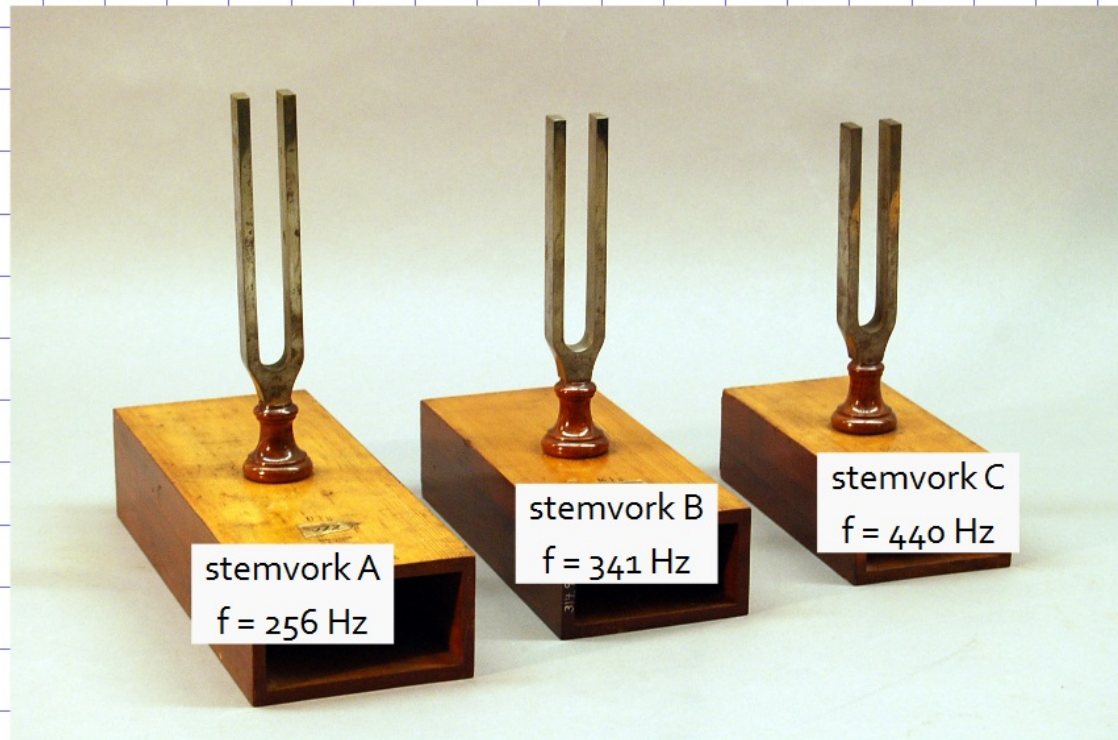
Hoofdstuk 8: Geluid

- *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!

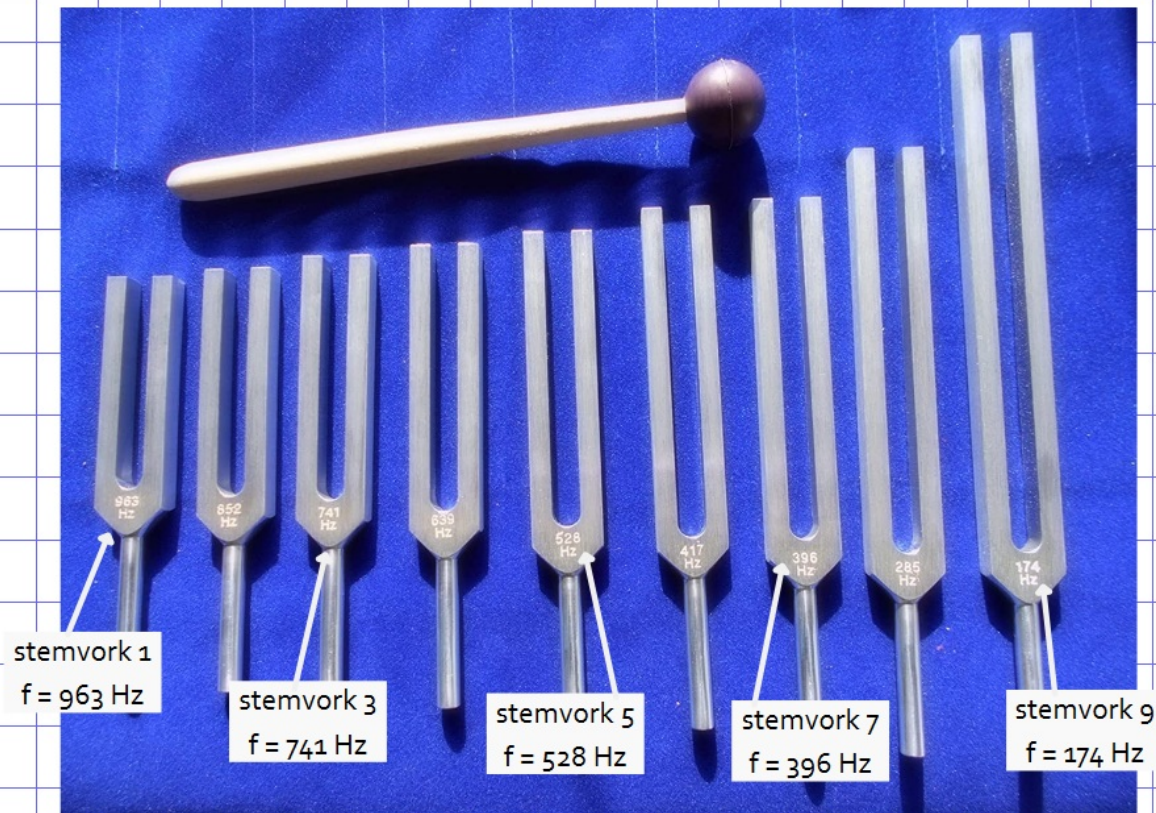
"Deze stemvorken worden tegelijkertijd aangeslagen. Welke stemvork heeft als eerste 1000 trillingen uitgevoerd?"

- overlegvraag -



"Je zoekt een stemvork die 2,5 seconden doet over 1000 trillingen.
Welke van deze stemvorken komt hier het dichtst bij in de buurt ?"

- 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 cirkelzaag maakt de hoogste toon?"

- overlegvraag -



Blad A:
48 tanden
toerental 2000 per minuut



Blad B:
30 tanden
toerental 4000 per minuut

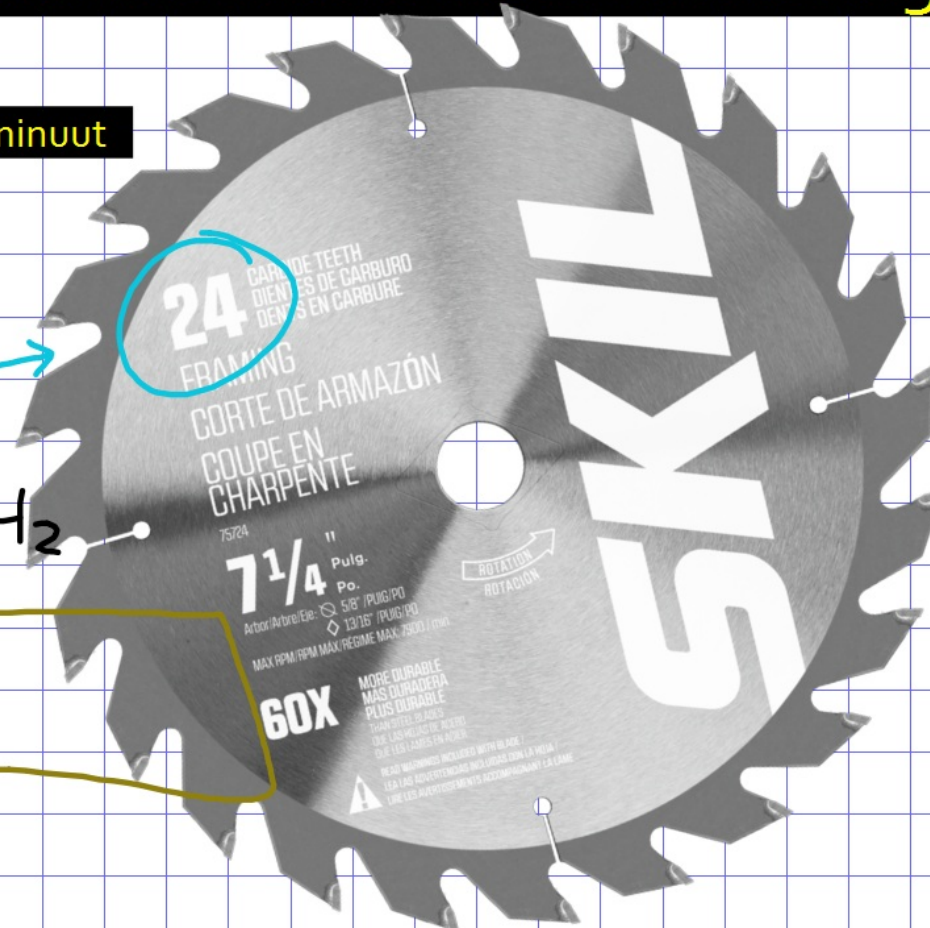
"Welke frequentie maakt deze cirkelzaag?"

toerental: 6000 omwentelingen per minuut

$$= 100 \text{ omw/s}$$

24 tanden

$$f = 24 \cdot 100 = 2400 \text{ Hz}$$



- ZONDER
REKENMACHINE! -

"Welke frequentie produceert deze luidspreker?"

- ZONDER
REKENMACHINE! -

$$f = \frac{24000}{8} = 3000 \text{ Hz}$$

De luidspreker maakt 24.000
trillingen in elke 8 seconden.



"Welke frequentie maken de vleugels van deze colibri?"

trillingstijd $T = 0,004 \text{ s}$

- a. $f = 2500 \text{ Hz}$
- b. $f = 250 \text{ Hz}$
- c. $f = 25 \text{ Hz}$
- d. $f = 25.000 \text{ Hz}$

hint: Bedenk éérst wat f zou zijn als de trillingstijd $0,001$ (één duizendste van een seconde) zou zijn...



- BONUSVRAAG! -

"Hoeveel decibel produceren 1000 meeuwen op 50 meter afstand?"

- BONUSVRAAG! -



Eén meeuw op 50 meter
afstand produceert 40 dB

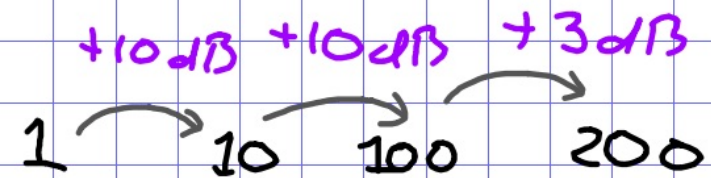
70 dB

"Hoeveel decibel produceren 200 meeuwen op 50 meter afstand?"

- BONUSVRAAG! -



Eén meeuw op 50 meter
afstand produceert 40 dB



"Hoeveel decibel produceren 400 drummers op 20 meter afstand?"

- BONUSVRAAG! -



Eén drummer op 20 meter
afstand produceert 90 dB

"Welk spoor (1 t/m 4) hoort bij welke beschrijving (A t/m D)?"

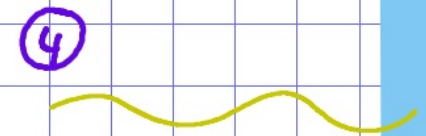
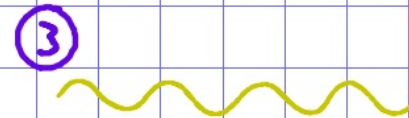
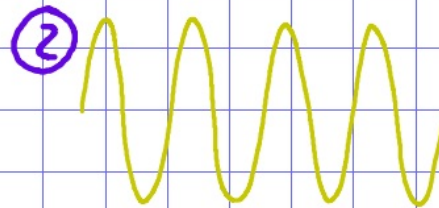
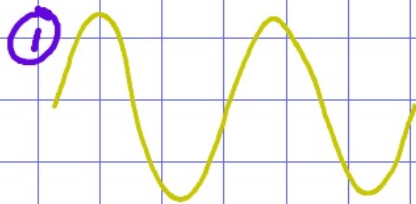
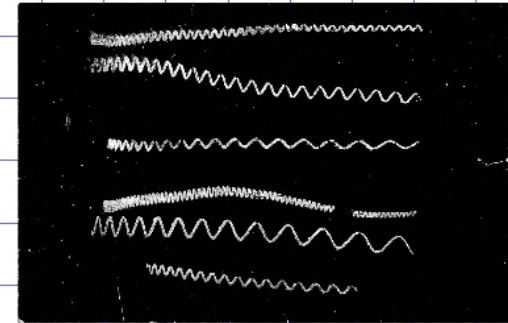
- BONUSVRAAG! -

A. Zachte, lage toon

B. Zachte, hoge toon

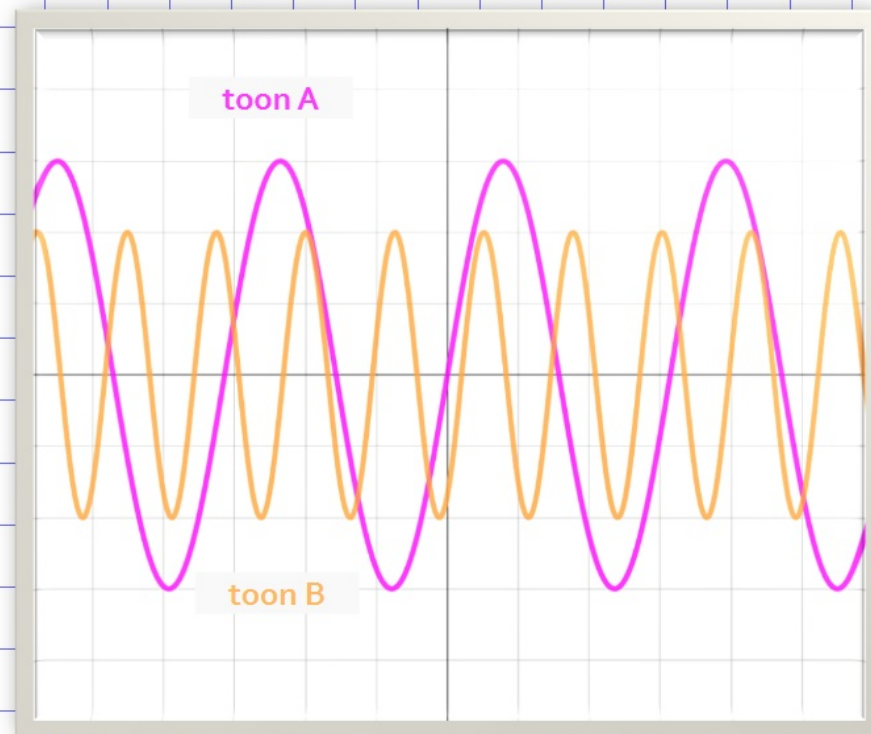
C. Harde, lage toon

D. Harde, hoge toon



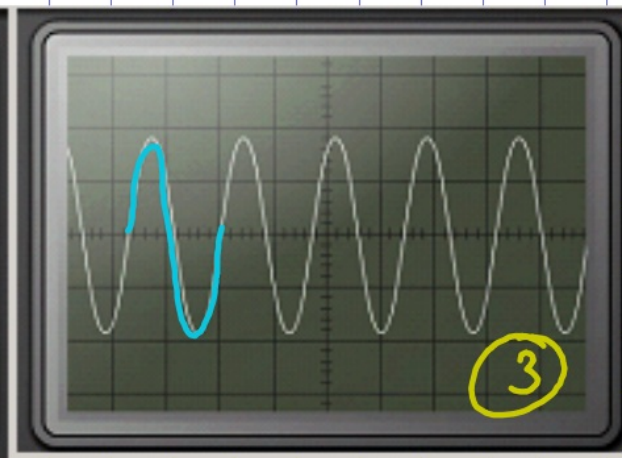
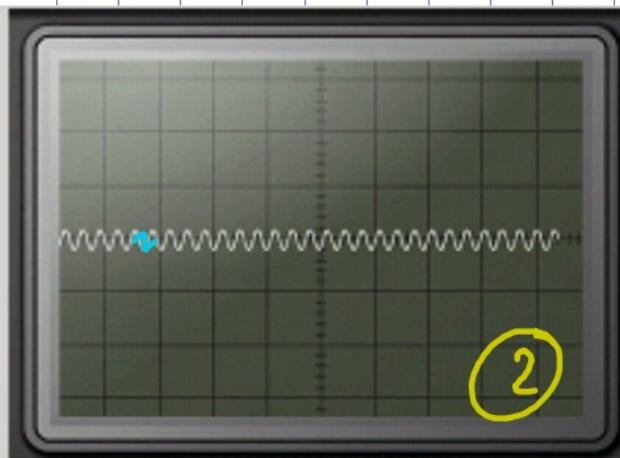
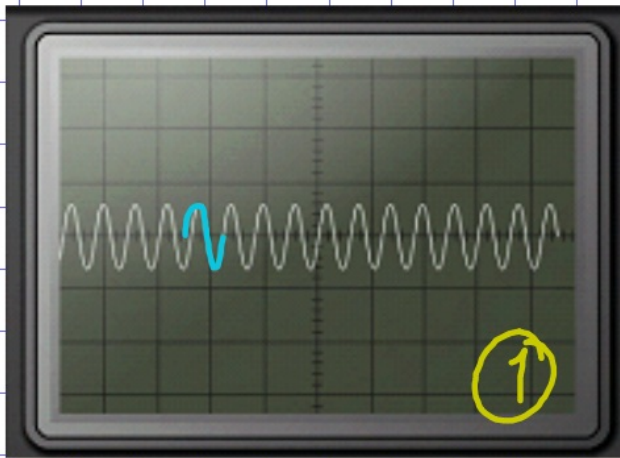
"Welke van deze twee tonen heeft de grootste trillingstijd en welke toon klinkt het hardst?"

- overlegvraag -



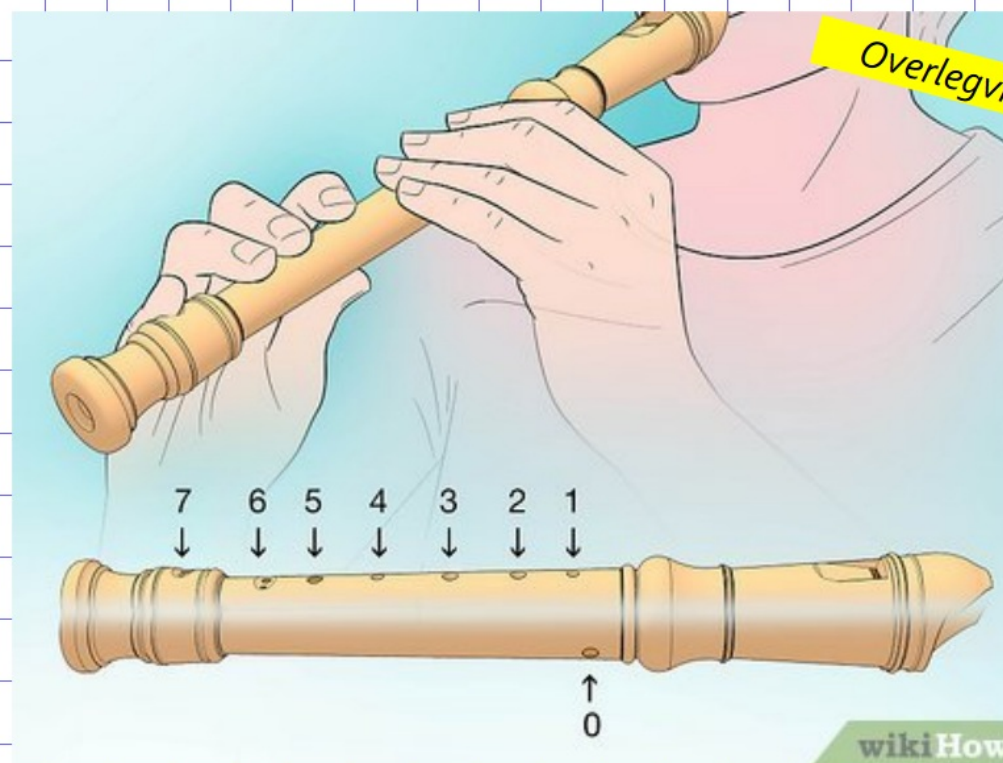
"Welke van deze tonen is het hoogst..."

- BONUSVRAAG! -



"... en welke klinkt het luidst?"

"Welke van gaatjes 1 t/m 6 moet je open laten om de hoogste toon te maken?"



Overlegvraag!

"Hoe verandert de frequentie van de trillende liniaal als je ...?"

VERANDERING:

1. Een langer stuk van de liniaal laat uitsteken?

2. Het trillende deel zwaarder maakt met een klemmetje?

3. De liniaal harder aanslaat.

4. Een liniaal van een stijver materiaal neemt.

FREQUENTIE WORDT:

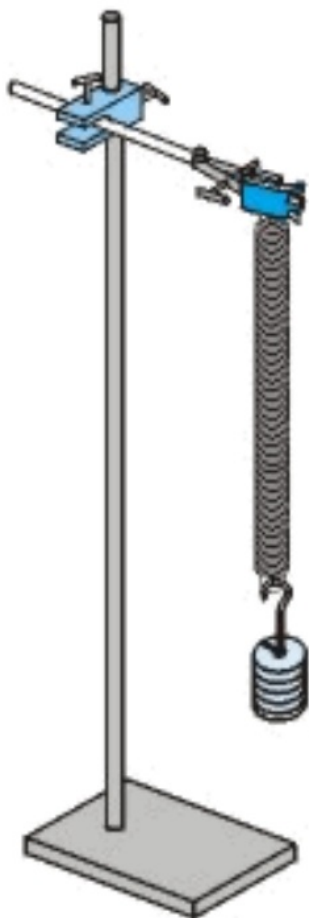
groter/kleiner/verandert niet

groter/kleiner/verandert niet

groter/kleiner/verandert niet

groter/kleiner/verandert niet





"Hoe verandert de frequentie van een veer-massasysteem als je...?"

VERANDERING:

FREQUENTIE WORDT:

1. De veer dubbel zo lang maakt door er een indentieke veer aan vast te maken?

groter/kleiner/verandert niet

2. De gewichtjes aan het begin verder naar beneden trekt voordat je ze loslaat.

groter/kleiner/verandert niet

3. Meer gewichtjes aan de veer hangt?

groter/kleiner/verandert niet

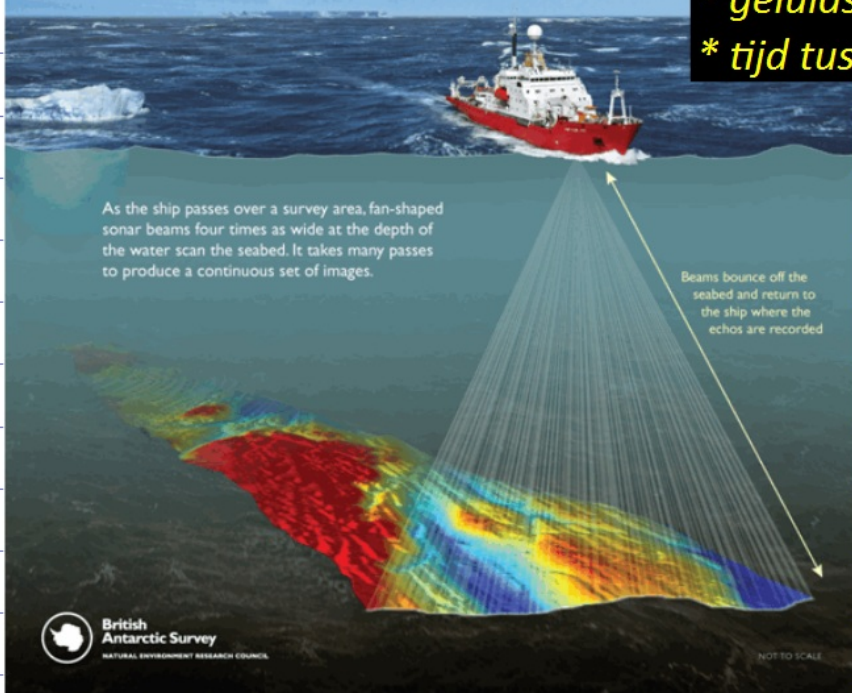
4. Een stuggere veer neemt?.

groter/kleiner/verandert niet

"Hoe diep is de zee hier?"

- BONUSVRAAG! -

SEABED SONAR MAPPING FROM RRS JAMES CLARK ROSS



* geluidssnelheid in zout water, $v = 1500 \text{ m/s}$

* tijd tussen uitzenden geluidspuls en ontvangen van de echo: $4,0 \text{ s}$

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

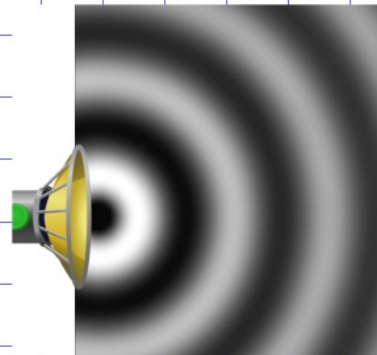
1. Geluid ontstaat door **trillingen** in een **bron**, bijv. een snaar, je stembanden, een stemvork of de conus v.e. luidspreker.
2. De trillende bron veroorzaakt **golven** in een **tussenstof** ("medium") die je oor bereiken.



blz. 265

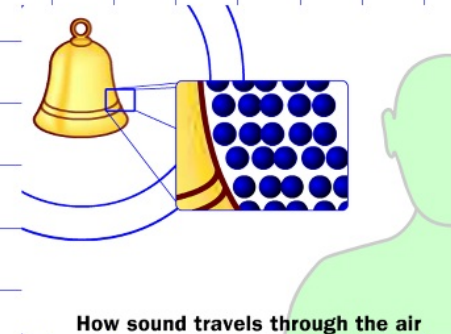
verdichting

verdunning



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.1 Geluid als trilling



How sound travels through the air



Het bron-medium-ontvangermodel:



Voorbeeld: De natuurkundeleraar praat tegen de klas. Benoem de bron, het medium en de ontvanger in deze situatie.

bron: de leraar medium: de lucht in het lokaal ontvanger: de leerlingen

Bord oefening 1: welke zijn in deze voorbeelden de *bron*, het *medium* en de *ontvanger*?

a. Je hoort iemand gitaar spelen in het park.

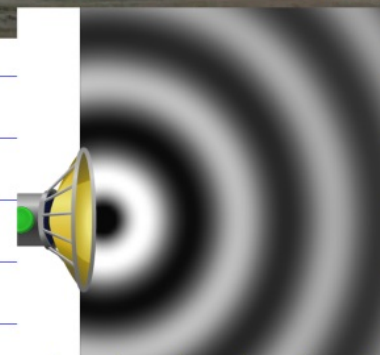
(lucht)

b. Je neemt met een microfoon onder water een brommend geluid van de zwembadpomp waar.

c. Je legt je oor op de rails en hoort zo al vroeg een trein aankomen in de verte.

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.1 Geluid als trilling

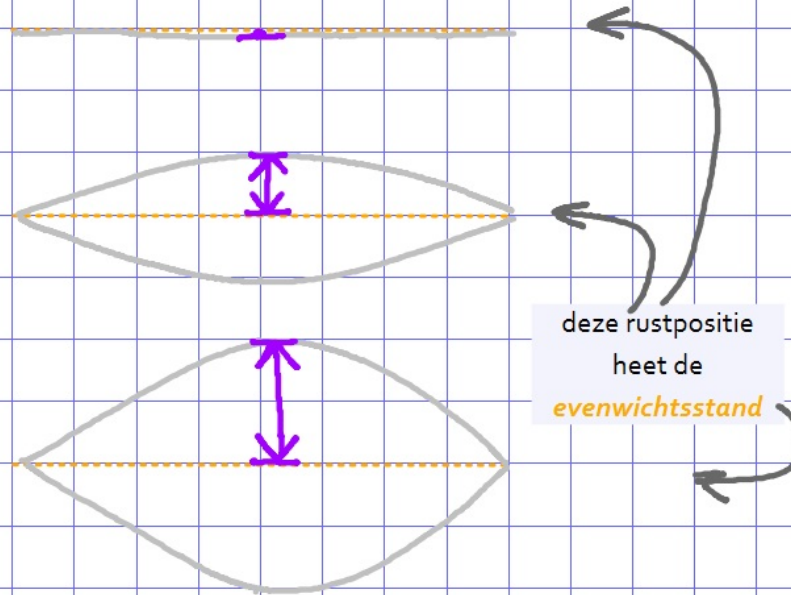


3. De bron trilt over een afstand die de **amplitude** wordt genoemd. Hoe harder het geluid, hoe groter de amplitude.

snaar niet aangeslagen:
amplitude is nul

snaar zachtjes
aangeslagen:
amplitude is klein

snaar hard
aangeslagen:
amplitude is groot



4. Hoe snel de bron trilt (hoe vaak per seconde) bepaalt de **toonhoogte** die je hoort. Hoe sneller de trilling, hoe hoger de toon (zie §8.2).

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.

8.1 Opdrachten

1 Doe-opdracht: klankkast

Nodig: elastiekje en plastic bakje

- Span het elastiekje tussen je vingers en laat het trillen.
- Span het elastiekje om het bakje en laat het opnieuw trillen.
- Schrijf op welk verschil je hoort.

⊙ A 2

Een gitaar heeft een klankkast.



- a Zet in de figuur een K op de klankkast.
- b Leg uit waarvoor een klankkast dient.

⊙ A 3

Jouw geluidsbron is je stem.

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

A 4

Kruis de juiste bewering(en) aan.

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

⊙ B 5

Je zit in de klas en luistert naar de uitleg van je docent.

Vul voor deze situatie het blokschema hieronder aan.



B 6

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 telefoon geluidsopnames tijdens een concert.
- c Je hoort je telefoon overgaan.

⊙ B 7

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.

B 8

Op de foto van de starter zie je waterdruppels omhoog komen. Leg uit of de hoogte wordt bepaald door de geluidssterkte of door de toon van de trommels.

⊙ R 9

In een huis met centrale verwarming lopen metalen buizen. Als je op een buis tikt, dan is dat ook in andere kamers te horen.

- a Wat is (zijn) de tussenstoffen?
- b Geef aan wie of wat de bron is en wie de ontvanger.

B 10

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

C 11

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



★ C 12

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 de begrippen klankkast en versterking.

Boek H/V

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.1 Geluid als trilling

Maak opg. 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 16

Boek H/V

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.1 Geluid als trilling

C 13

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

★ C 14

Yaro en Daan 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 Yaro in het open blikje praat, houdt Daan het blikje tegen zijn oor.

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



★ 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.
a Leg uit waardoor dit het geval is.

Je stem klinkt ook anders als je je vingers in je oren stopt.

- b Leg uit hoe de trilling van je stembanden bij je trommelvlies kan komen als oren afgesloten zijn.
- c Leg uit waardoor je stem dan anders klinkt.

★ D 17

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

Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ toelichten hoe geluid ontstaat;
- ☐ in voorbeelden herkennen wat een bron, medium en ontvanger is en dit weergeven in een blokschema;
- ☐ toelichten hoe je geluid versterkt;
- ☐ je stem beschrijven als geluidsbron.

Doe-opdracht: klankkast

- Span het elastiekje tussen je vingers en laat het trillen.
- Span het elastiekje om het bakje en laat het opnieuw trillen.
- Schrijf op welk verschil je hoort.

Een gitaar heeft een klankkast.



- a Zet in de figuur een K op de klankkast.
b Leg uit waarvoor een klankkast dient.

Jouw geluidsbron is je stem.

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

a Beschrijf hoe geluid zich door lucht van een geluidsbron naar een ontvanger uitbreidt. Gebruik daarbij de woorden verdichting, verdunning en voorplanting.

- b** Leg in je eigen woorden uit wat een geluidsgolf is.

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



Maak een blokschema voor de volgende situaties.

- a** Je maakt met je telefoon geluidsopnames tijdens een concert.

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

- Noem nog twee soorten muziekinstrumenten.
- Schrijf bij elke soort minstens twee voorbeelden van instrumenten.
- Schrijf bij elke soort op wat er trilt.

Op de foto van de starter zie je waterdruppels omhoog komen.

Leg uit of de hoogte van de opspattende druppels wordt bepaald door de geluidssterkte of door de toon van de trommels.

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

Geluid plant zich niet alleen voort in lucht.

Leg in de volgende situaties uit:

- wat of wie de bron is;
- door welke tussenstof(fen) het geluid zich voortplant;
- wie of wat de ontvanger is.

- a** In een huis met centrale verwarming lopen metalen buizen. Als je op een buis tikt, is dat ook in andere kamers te horen.

- c** Cowboys gingen vroeger met hun oor op de rails liggen om te horen of er een trein aankwam.

Een rinkelende bel onder een

glazen stolp is goed te horen.

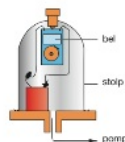
Zie de figuur hiernaast. Da

wordt een stuk minder als

je de lucht o

wegprompt.

Verklaar dit verschijnsel.



§ 8.1 Geluid als trilling

Maak opg. 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 en 16.

§ 8.1 Geluid als trilling

C 12

Als je een stemvork aanslaat, trilt de stemvork en dat hoor je als geluid. Je hoort deze trilling veel beter als je de stemvork tegen een raam aanhoudt. Leg uit waardoor dat zo is.



C 13

Yaro en Daan 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 Yaro in het open blikje praat, houdt Daan het blikje tegen zijn oor.

- Wat is (zijn) in deze situatie de geluidsbron(nen)?
- Wat is (zijn) de tussenstof(fen)?
- Wat is (zijn) de ontvanger(s)?
- Wat gebeurt er als de draad niet strak staat?



★ C 14

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

★ 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 dichtknipt.
a Leg uit waardoor dit het geval is.

- Je stem klinkt ook anders als je je vingers in je oren stopt.
- Leg uit hoe de trilling van je stembanden bij je trommelvlies kan komen als je oren afgesloten zijn.
- Leg uit waardoor je stem dan anders klinkt.

★ D 17

Je neemt met je telefoon je stem op en speelt deze even later af.

Leg uit waardoor je de opname van je stem anders vindt klinken dan wanneer je je stem direct hoort.

Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ toelichten hoe geluid ontstaat;
- ☐ in voorbeelden herkennen wat een bron, medium en ontvanger is en dit weergeven in een blokschema;
- ☐ op microniveau uitleggen hoe geluid zich als golf in de lucht uitbreidt;
- ☐ toelichten hoe je geluid versterkt;
- ☐ je stem beschrijven als geluidsbron.

§ 8.2 Hoog en Laag

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 één trilling duurt. Dit heet **trillingstijd (T)** met eenheid **seconde (s)**.

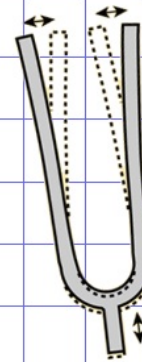
$$\text{trillingstijd} = \frac{1}{\text{frequentie}}$$

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

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

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

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

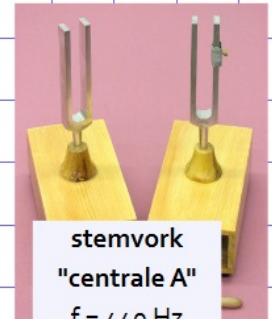


Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.2 Hoog en Laag



menselijke stem
vrouw, $f = 150 \text{ Hz}$
man, $f = 125 \text{ Hz}$
kind, $f = 300 \text{ Hz}$



stemvork
"centrale A"
 $f = 440 \text{ Hz}$



[audiogram \(online\)](#)

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:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00014 \text{ s}} = 7142 \text{ Hz} = 7,142 \text{ kHz}$$

Bordoefening 8:

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

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



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.2 Hoog en Laag

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.

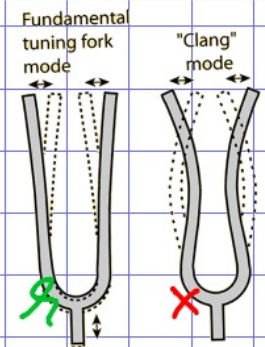
Bordoefening 6: Bereken de trillingstijd van een toon met $f = 12,0 \text{ kHz}$. Geef je antwoord in seconden en in miliseconden.

Bordoefening 7: Een conus van een luid-spreker trilt bij een bepaalde toon heen-en-weer in 0,14 ms.

Bereken de frequentie in Hz en in kHz.

Bordoefening 8: De

vleugels van een colibri blijken 228 slagen te maken in 3,0 seconden tijd. Welke frequentie en trillingstijd horen hier bij?



Bordoeffening 9:

$$a) 40 \times 20 = 800 \text{ Hz}$$

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

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

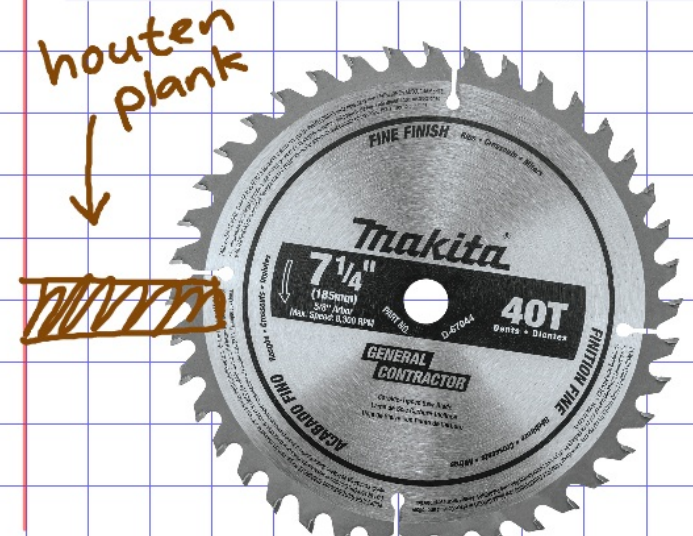


Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.2 Hoog en Laag

Bordoeffening 9: Een bepaald model cirkelzaag heeft 40 tanden.

- Reken uit hoeveel tanden per seconde door het hout gaan als de zaag draait met 20 omwentelingen per seconde.
- Bereken welke frequentie je hoort bij een omwentelingssnelheid van 3000 toeren per minuut.



8.2 Opdrachten

18 Doe-opdracht: gespannen elastiek

Nodig: elastiekje

- Span het elastiekje tussen je vingers. Iemand anders laat het elastiekje trillen.
- Herhaal dit een aantal keer terwijl je het elastiekje steeds strakker spanst.
- Schrijf op welk verschil je hoort.

A 19

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

A 20

Kruis de juiste bewering(en) aan.

- ☐ Bij een lange snaar is de toon hoger.
- ☐ Frequenties onder 20 Hz noem je infrasoon.
- ☐ Bij een korte de luchtkolom is de toon hoger.

A 21

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

A 22

Bekijk figuur 8.12. Zet de volgende onderdelen van je oor op de volgorde waarin het geluid gaat: gehoorbeentjes, gehoorgang, gehoorzenuw, slakkenhuis, trommelvlies.

A 23

Omcirkel steeds het juiste antwoord:

- a Geluid met een frequentie van 25 kHz heet *infrasoon* / *ultrasoon*.
- b Mensen kunnen frequenties van 1000 Hz wel / *niet* horen.
- c Het trommelvlies bevindt zich in het *buitenoor* / *middenoor* / *binnenoor*.

A 24

- a Beschrijf de functie van het slakkenhuis in het oor.
- b Wat is de overeenkomst tussen de functie van het slakkenhuis en de functie van een microfoon?

B 25

Op de foto van de starter heeft de muzikant twee trommels op zijn rug.
Leg uit welke trommel de hoogste toon maakt.

B 26

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

R 27

Om de a-snaar van je gitaar te stemmen, kun je een stemvork gebruiken van 440 Hz.

- a Bereken hoeveel trillingen de stemvork in 4 s maakt.
- b Geef aan wat het doel van het stemmen van een gitaar is.
- c Leg uit hoe je een gitaar moet stemmen.

B 28

Een trommelvel maakt 90 trillingen in precies 3,0 seconden.
Bereken de frequentie van deze trilling met de verhoudingstabel.

aantal trillingen	
tijdsduur	seconde seconde

De frequentie is

B 29

Hieronder zie je twee verschillende stemvorken.
Leg uit welke stemvork de hoogste toon geeft.



B 30

De stem van een baby van acht maanden is anders dan die van een kind van acht jaar.

- a Geef aan wie over het algemeen een hogere stem heeft: een baby of een kind.
- b Leg uit hoe dat komt. Bedenk hoe je bij muziekinstrumenten ziet of ze hoge of lage tonen maken.

§ 8.2 Hoog en Laag

§ 8.2 Hoog en Laag

8.2 Opdrachten

18 Doe-opdracht: gespannen elastiek

Nodig: elastiekje

- Span het elastiekje tussen je wijsvingers. Iemand anders laat het elastiekje trillen.
- Herhaal dit een aantal keer terwijl je het elastiekje steeds strakker spanst.
- Schrijf op welk verschil je hoort.

A 19

- 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?

A 20

- Kruis de juiste bewering(en) aan.
- ☐ Hoe langer de snaar, hoe hoger de toon.
 - ☐ Hoe korter de luchtkolom, hoe hoger de toon.
 - ☐ Hoe dieper in het slakkenhuis, hoe hoger de geregistreerde toon.

A 21

Bekijk figuur 8.13. Zet de volgende onderdelen van je oor op de volgende waarin het geluid gaat: gehoorbeentjes, gehoorgang, gehoorzenuw, slakkenhuis, trommelvlies.

A 22

Omcirkel steeds het juiste antwoord.

- a Geluid met een frequentie van 25 kHz heet infrasoen / ultrasoon.
- b Mensen kunnen frequenties van 1000 Hz wel / niet horen.
- c Het trommelvlies bevindt zich in het buitenoor / middenoor / binnenoor.

A 23

- a Beschrijf de functie van het slakkenhuis in het oor.
- b Wat is de overeenkomst tussen de functie van het slakkenhuis en de functie van een microfoon?
- c Leg uit hoe de spiraalvorm ervoor zorgt dat lage tonen dieper in het slakkenhuis doordringen.

B 24

Op de foto van de starter heeft de muzikant twee trommels op zijn rug. Leg uit welke trommel de hoogste toon maakt.

B 25

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

B 26

Om de A-snaar van je gitaar te stemmen kun je een stemvork gebruiken van 440 Hz.

a Bereken hoeveel trillingen de stemvork in 4 s maakt.

b Geef aan wat het doel van het stemmen van een gitaar is.

c Leg uit hoe je een gitaar moet stemmen.

B 27

Een snaar trilt met een frequentie van 100 Hz.

a Bereken na hoeveel tijd de snaar 800x heeft getrild.

Een trommelvliet maakt 90 trillingen in precies 3,0 seconden.

b Bereken de frequentie van deze trilling.

B 28

Hieronder zie je twee verschillende stemvorken. Leg uit welke stemvork de hoogste toon geeft.



B 29

De stem van een baby van acht maanden is anders dan die van een kind van acht jaar.

- a Geef aan wie over het algemeen een hogere stem heeft: een baby of een kind?
- b Leg uit hoe dat komt. Bedenk hoe je bij muziekinstrumenten ziet of ze hoge of lage tonen maken.

C 30

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.

§ 8.3 Hard en Zacht

10. Hoe **luid** een geluidsbron klinkt druk je uit in de **geluidssterkte (L)** met de eenheid **decibel (dB)**. Zie de voorbeelden in tabel 8.13.

11. Rekenregels:

1. voor elke **verdubbeling** van het aantal bronnen: +3 dB
2. voor elke **vertienvoudiging** van het aantal bronnen: +10 dB
3. voor elke **verdubbeling** van de afstand: -6 dB

Voorbeeld 1. Bereken het geluidsniveau dat je meet op 1,0 meter afstand van:

a. twee brommers

b. tien trompetten → 83 dB

c. duizend brommers → 100 dB

d. twintig treinen → 110 dB

Voorbeeld 2. Bereken het geluidsniveau van een druk gesprek dat je meet op

a. 2,0 meter

c. 8,0 meter

d. 16 meter

113 dB

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.3 Hard en Zacht

soorten geluid	geluidssterkte (dB)
net niet te horen, gehoordrempel	0
zacht gefluister, vallend blaadje	10-15
fluisteren door veel kinderen	20
normale slaapkamer	25
autoverkeer in een rustige straat	40-50
druk gesprek	60
gepraat, druk verkeer	70
brommer	80
piano, trompet	90
trein (120 km/h)	100
popgroep	115
stratend straalvliegtuig	130
pijngrens (bij 25 hz)	140
ernstige gehoorbeschadiging	150

8.13 De geluidssterkte op 1 m afstand



Bordoefening 10a. Bereken het geluidsniveau dat je meet op 1,0 meter afstand van:

- a. vier brommers b. tien popgroepen c. twintig straalvliegtuigen
d. 80 treinen e. 2000 vallende blaadjes (één blaadje: 15dB)

Bordoefening 10b. Hoeveel brommers samen produceren 101 dB op 1,0 m afstand?

10a) a. 86 dB d. 109 → 119 dB
b. 125 dB e. 18 → 48 dB
c. 133 → 143 dB 10b) 7x verdubbelen
x2 x10 1-2-4-8-16-32-64-128

van:

11. Rekenregels:

1. voor elke verdubbeling van het aantal bronnen: +3 dB
2. voor elke vertienvoudiging van het aantal bronnen: +10 dB
3. voor elke verdubbeling van de afstand: -6 dB

n?

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.3 Hard en Zacht

soorten geluid	geluidssterkte (dB)
net niet te horen, gehoordrempel	0
zacht gefluister, vallend blaadje	10-15
fluisteren door veel kinderen	20
normale slaapkamer	25
autoverkeer in een rustige straat	40-50
druk gesprek	60
gepraat, druk verkeer	70
brommer	80
piano, trompet	90
trein (120 km/h)	100
popgroep	115
stratend straalvliegtuig	130
pijngrens (bij 25 hz)	140
ernstige gehoorbeschadiging	150

8.13 De geluidssterkte op 1 m afstand



11. Rekenregels:

1. voor elke verdubbeling van het aantal bronnen: +3 dB
2. voor elke vertienvoudiging van het aantal bronnen: +10 dB
3. voor elke verdubbeling van de afstand: -6 dB

Bordoefening 11a. Bereken het geluidsniveau van druk verkeer op een afstand van:

- a. 2,0 m b. 4,0 m c. 16 m d. 128 m

Bordoefening 11b. Hoe ver moet je van de weg af staan om nog 24 dB te horen?

Bordoefening 12. Bereken het geluidsniveau van:

- a. 40 brommers op 8,0 m afstand
b. 100 straaljagers op 64 m afstand

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.3 Hard en Zacht

soorten geluid	geluidssterkte (dB)
net niet te horen, gehoordrempel	0
zacht gefluister, vallend blaadje	10-15
fluisteren door veel kinderen	20
normale slaapkamer	25
autoverkeer in een rustige straat	40-50
druk gesprek	60
gepraat, druk verkeer	70
brommer	80
piano, trompet	90
trein (120 km/h)	100
popgroep	115
stratend straalvliegtuig	130
pijngrens (bij 25 hz)	140
ernstige gehoorbeschadiging	150

8.13 De geluidssterkte op 1 m afstand



§ 8.3 Hard en Zacht

8.3 Opdrachten

A 34

- a Leg uit waarom je niet te lang naar harde muziek moet luisteren. Gebruik in je antwoord het begrip veilige verblijftijd.
- b Waarom is het verstandig om je vingers in je oren te steken als er lawaai is?

A 35

- a Geef aan op welke drie manieren je geluidsoverlast kunt bestrijden.
- b Geef bij elke manier één voorbeeld.

A 36

- a Geef aan wat de eenheid van geluidssterkte is.
- b Met welk apparaat meet je de geluidssterkte?

B 37

- Een brommer heeft een geluidssterkte van 80 dB op 10 m. Voor de volgende opdrachten geldt ook steeds op 10 m.
- a Bereken de geluidssterkte van 2 brommers.
- b Bereken de geluidssterkte van 16 brommers.
- c Bereken de geluidssterkte van 10 brommers.
- d Bereken de geluidssterkte van 40 brommers.

B 38

De buurt heeft veel last van een band die aan het oefenen is. De geluidssterkte is hoger dan 90 dB. Na klagen belooft de band twee keer zo zacht te spelen. De volgende keer wordt 84 dB gemeten. Leg uit of de band zich aan de afspraak heeft gehouden.

B 39

Achim speelt trompet in een harmonie. Thuis oefent hij samen met zijn vriend Pim. Op een afstand van 4 m meten de bureu een geluidssterkte van 76 dB als Achim speelt.

- a Noem de twee grootheden in de laatste zin.
- b Wat geeft de decibelmeter aan als Pim even hard mee gaat spelen?
- c Leg uit waarom de afstand genoemd moet worden.

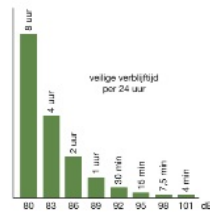
De bureu komen dichterbij staan met hun dB-meter

d Kruis het juiste antwoord aan. De geluidssterkte die ze meten als alleen Achim speelt, is dan:

- ☐ hoger dan 76 dB
- ☐ lager dan 76 dB
- ☐ nog steeds 76 dB

B 40

Bekijk het diagram hieronder.



In een fabriek is de geluidssterkte 86 dB.

- a Hoe lang mag je per dag in deze fabriek werken?
- b Noem een maatregel waarmee je deze tijd kunt verlengen.
- c Hoeveel dB moet de geluidssterkte afnemen om de veilige verblijftijd twee keer zo groot te maken?

Brenda werkt 6 uur in een fabriek met 80 dB. 's Avonds gaat ze een uurtje naar de disco waar een geluidssterkte van 86 dB is.

- d Leg uit of Brenda nog binnen de veilige verblijftijd zit.

B 41

Je buurmeisje drumt. Bedenk drie maatregelen om de geluidsoverlast te beperken. Maak onderscheid in maatregelen bij de bron, bij het medium en bij de ontvanger.

B 42

Geef bij de volgende maatregelen aan waar de geluidsoverlast wordt bestreden: bij de bron, bij het medium of bij de ontvanger?

- a Op sommige snelwegen mogen auto's 's nachts minder hard rijden.
- b Een boswachter gebruikt oordoppen bij het zagen.
- c Tussen de motor en de cabine van een auto zit veel schuimrubber.
- d Voor een wasmachine wordt een geluidsdempende motor ontwikkeld.

Maak opg. 35, 37, 39, 40, 42, 43, 47.

§ 8.3 Hard en Zacht

C 43

De starter gaat over brulapen. Een brulaap maakt een geluid van 90 dB. Bereken hoeveel van deze brulapen er nodig zijn om de geluidssterkte van een startend straalvliegtuig op 1 meter afstand te evenaren.

★ C 44

Als de hoeveelheid geluid toeneemt met een factor 5, dan neemt de geluidssterkte toe met 7 dB.

a Laat zien dat dit klopt.

Tussen het huis van Alan en de snelweg is een geluidsscherm geplaatst. De geluidssterkte bij zijn huis is daardoor gedaald van 80 dB tot 76 dB.

b Bereken met welke factor de hoeveelheid geluid is afgenomen.

C 45

In een fabriekshal moet het personeel verplicht oordopjes dragen. De geluidssterkte in het oor wordt daarmee lager. Daardoor lijkt het alsof er veel minder machines aanstaan.

a Geef een nadeel van oordopjes.

Het is mogelijk om oordopjes op maat te laten maken. Ze passen dan precies in je oren.

b Leg uit waardoor op maat gemaakte oordopjes het geluid beter dempen dan normale oordopjes.

c Bedenk een voor- en een nadeel van oordopjes ten opzichte van gehoorbeschermers zoals hieronder.



Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ benoemen dat je de geluidssterkte meet met een decibelmeter;
- ☐ berekeningen met geluidssterktes maken;
- ☐ uitleggen wanneer gehoorschade ontstaat en hoe je het kunt voorkomen;
- ☐ uitleggen hoe je geluidsoverlast tegengaat.

C 46

Een muziekfestival kan leiden tot gehoorschade bij de bezoekers en geluidsoverlast bij de omwonenden.

a Leg uit waardoor het bij de omwonenden niet kan leiden tot gehoorschade.

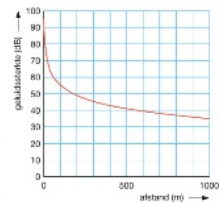
Bij een muziekfestival worden verschillende maatregelen genomen. Geef bij iedere maatregel aan of hij werkt tegen gehoorschade, geluidsoverlast of allebei.

- b Het volume van de geluidsinstallatie wordt beperkt.
- c Er worden oordoppen uitgedeeld aan de bezoekers.
- d Er staan hoge schermen rond het festival terrein.
- e De eindtijd wordt één uur vervroegd.

★ C 47

Paolo zoekt op internet hoe groot de afstand tussen grote windmolens en huizen minimaal moet zijn. Hij vindt het volgende:

- In Nederland mag de geluidssterkte 's nachts maximaal 41 dB zijn.
- In Duitsland moet de afstand minimaal 1000 m zijn. Hij vindt ook onderstaand diagram over het verband tussen afstand en geluidssterkte van een windmolen.



Bepaal met deze gegevens hoeveel keer zachter het geluid in Duitsland moet zijn vergeleken met Nederland en hoeveel keer groter de afstand.

*Maak opg. 35, 37, 39, 40,
42, 43, 47.*

§ 8.3 Hard en Zacht

8.3 Opdrachten

A 36

- Wat is een audiogram?
- Wanneer laat je een audiogram maken?
- Wat kun je te weten komen als je een audiogram hebt gemaakt?
- Hoe maak je een audiogram?

A 37

- Geef aan op welke drie manieren je geluidsoverlast kunt bestrijden.
- Geef bij elke manier één voorbeeld.

A 38

- Noteer de eenheid van geluidssterkte.
- Met welk apparaat meet je de geluidssterkte?

B 39

Een brommer heeft een geluidssterkte van 80 dB op 10 m. Voor de volgende opdrachten geldt ook steeds op 10 m.

- Bereken de geluidssterkte van 2 brommers.
- Bereken de geluidssterkte van 16 brommers.
- Bereken de geluidssterkte van 10 brommers.
- Bereken de geluidssterkte van 40 brommers.

B 40

De buurt heeft veel last van een band die aan het oefenen is. De geluidssterkte is hoger dan 90 dB. Na klagen belooft de band twee keer zo zacht te spelen. De volgende keer wordt 84 dB gemeten. Leg uit of de band zich aan de afspraak heeft gehouden.

B 41

Achim speelt trompet in een harmonie. Thuis oefent hij samen met zijn vriend Pim. Op een afstand van 4 m meten de burens een geluidssterkte van 76 dB als Achim speelt.

- Noem de twee grootheden in de laatste zin.
- Wat geeft de decibelmeter aan als Pim even hard mee gaat spelen?
- Leg uit waarom de afstand genoemd moet worden.

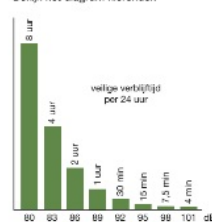
De burens komen dichterbij staan met hun dB-meter.

d Kruis het juiste antwoord aan. De geluidssterkte die ze meten als alleen Achim speelt, is dan:

- ☐ hoger dan 76 dB
☐ lager dan 76 dB
☐ nog steeds 76 dB

B 42

Bekijk het diagram hieronder.



In een fabriek is de geluidssterkte 86 dB.

- Hoelang mag je per dag in deze fabriek werken?
- Noem twee maatregelen waarmee je deze tijd kunt verlengen.
- Hoeveel dB moet de geluidssterkte afnemen om de veilige verblijftijd twee keer zo groot te maken?

Brenda werkt 6 uur in een fabriek met 80 dB.

- 's Avonds gaat ze een uurtje naar de disco, waar een geluidssterkte van 86 dB is.
- Leg uit of Brenda nog binnen de veilige verblijftijd zit.

B 43

Je buurmeisje drumt.

Bedenk drie maatregelen om de geluidsoverlast te beperken. Maak onderscheid in maatregelen bij de bron, bij het medium en bij de ontvanger.

B 44

Geef bij de volgende maatregelen aan waar de geluidsoverlast wordt bestreden: bij de bron, bij het medium of bij de ontvanger.

- Op sommige snelwegen mogen auto's 's nachts minder hard rijden.
- Een boswachter gebruikt oordoppen bij het zagen.
- Tussen de motor en de cabine van een auto zit veel schuimrubber.
- Voor een wasmachine wordt een geluidsarme motor ontwikkeld.

§ 8.3 Hard en Zacht

C 45

De starter gaat over brulapen. Een brulaap maakt een geluid van 90 dB.

- a Bereken hoeveel van deze brulapen er nodig zijn om de geluidsterkte van een startend straalvliegtuig op 1 meter afstand te evenaren.

Iedere keer dat de afstand verdubbelt, neemt de geluidsterkte met 6 dB af.

- b Bereken op welke afstand een brulaap even hard klinkt als een druk gesprek op 1 meter afstand.

★ C 46

Als de hoeveelheid geluid toeneemt met een factor 5, neemt de geluidsterkte toe met 7 dB.

- a Laat zien dat dit klopt.

Tussen het huis van Alan en de snelweg is een geluidsscherm geplaatst. De geluidsterkte bij zijn huis is daardoor gedaald van 80 dB tot 76 dB.

- b Bereken met welke factor de hoeveelheid geluid is afgenomen.

C 47

In een fabriekshal moet het personeel verplicht oordopjes dragen. De geluidsterkte in het oor wordt daarmee lager.

- a Geef een nadeel van oordopjes.

Het is mogelijk om oordopjes op maat te laten maken. Ze passen dan precies in je oren.

- b Leg uit waardoor op maat gemaakte oordopjes het geluid beter dempen dan normale oordopjes.

- c Bedenk een voor- en een nadeel van oordopjes ten opzichte van gehoorschermers zoals hierboven.



C 48

Een muziekfestival kan leiden tot gehoorschade bij de bezoekers en geluidsoverlast bij de omwonenden.

- a Leg uit waardoor het bij de omwonenden niet kan leiden tot gehoorschade.

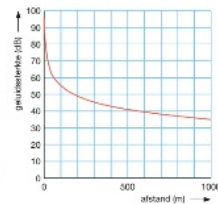
Bij een muziekfestival worden verschillende maatregelen genomen.

- Geef bij iedere maatregel aan of hij werkt tegen gehoorschade, geluidsoverlast of allebei.
- b Het volume van de geluidsinstallatie wordt beperkt.
 - c Er worden oordopjes uitgedeeld aan de bezoekers.
 - d Er staan hoge schermen rond het festivalterrein.
 - e De eindtijd wordt één uur vervroegd.

★ C 49

Paolo zoekt op internet hoe groot de afstand tussen grote windmolens en huizen minimaal moet zijn. Hij vindt het volgende:

- In Nederland mag de geluidsterkte 's nachts maximaal 41 dB zijn.
- In Duitsland moet de afstand minimaal 1000 m zijn. Hij vindt ook onderstaand diagram over het verband tussen afstand en geluidsterkte van een windmolen.



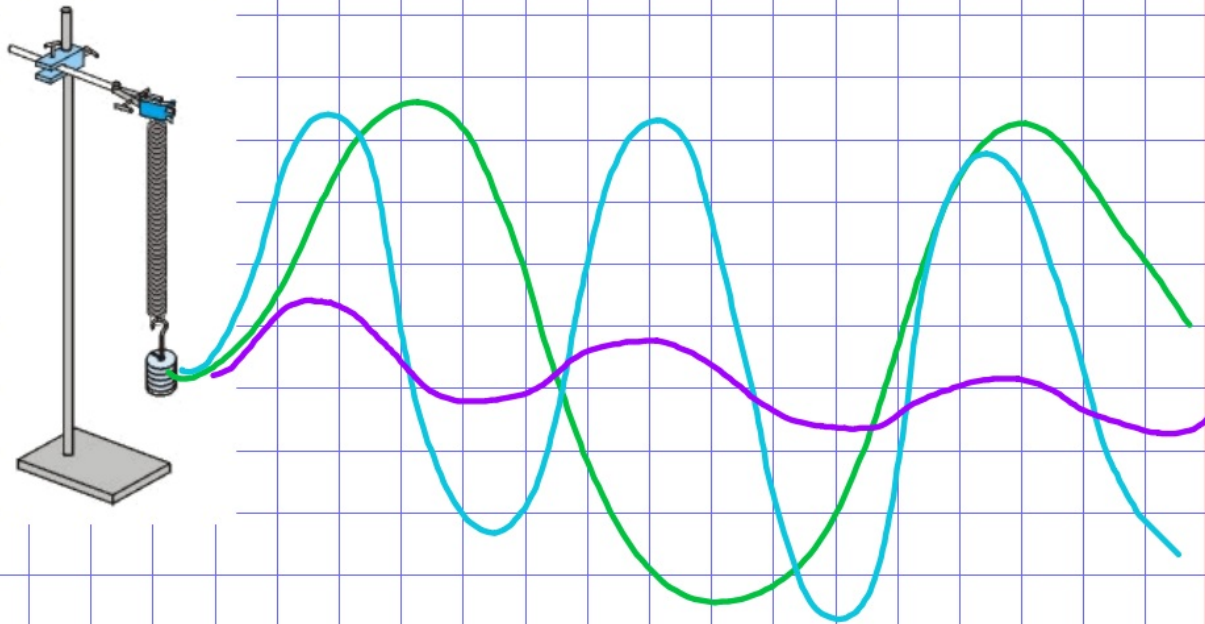
Bepaal met deze gegevens hoeveel keer zachter het geluid in Duitsland moet zijn vergeleken met Nederland en hoeveel keer groter de afstand.

Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ benoemen dat je de geluidsterkte meet met een decibelmeter;
- ☐ berekeningen met geluidsterktes maken;
- ☐ uitleggen wanneer gehoorschade ontstaat en hoe je die kunt voorkomen;
- ☐ uitleggen hoe je een audiogram maakt;
- ☐ uitleggen hoe je geluidsoverlast tegengaat.

§ 8.4 Trilling in beeld

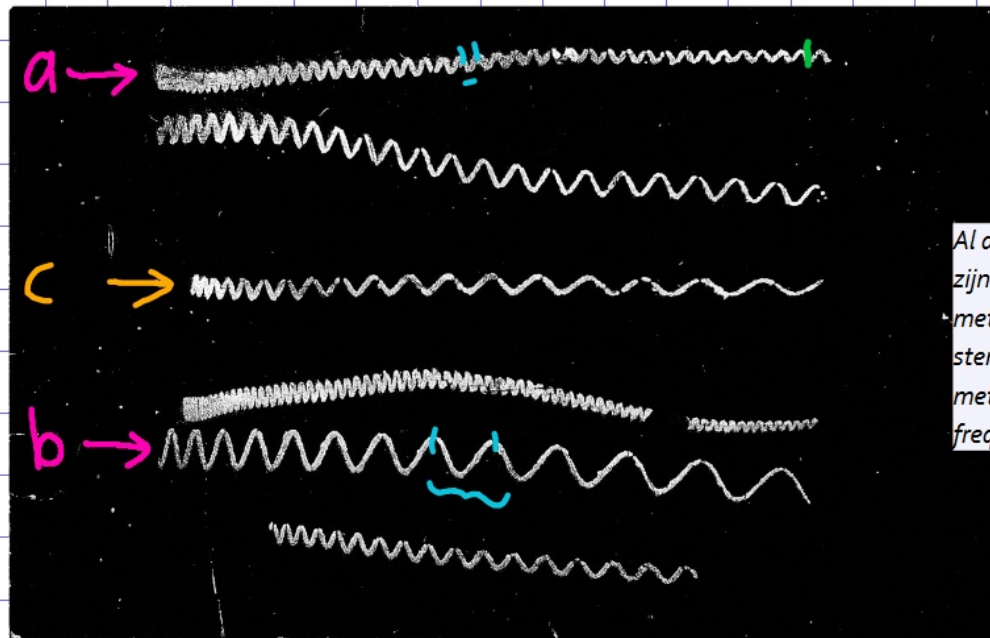
Als een trillende massa zijwaarts beweegt legt het een slingerspoor af:



Hoofdstuk 8 Geluid

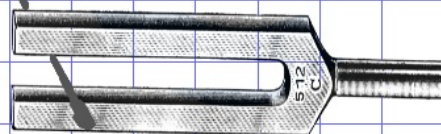


Trillingen van een stemvork kun je zichtbaar maken:



Al deze sporen
zijn gemaakt
met dezelfde
stemvork, dus
met dezelfde
frequentie.

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



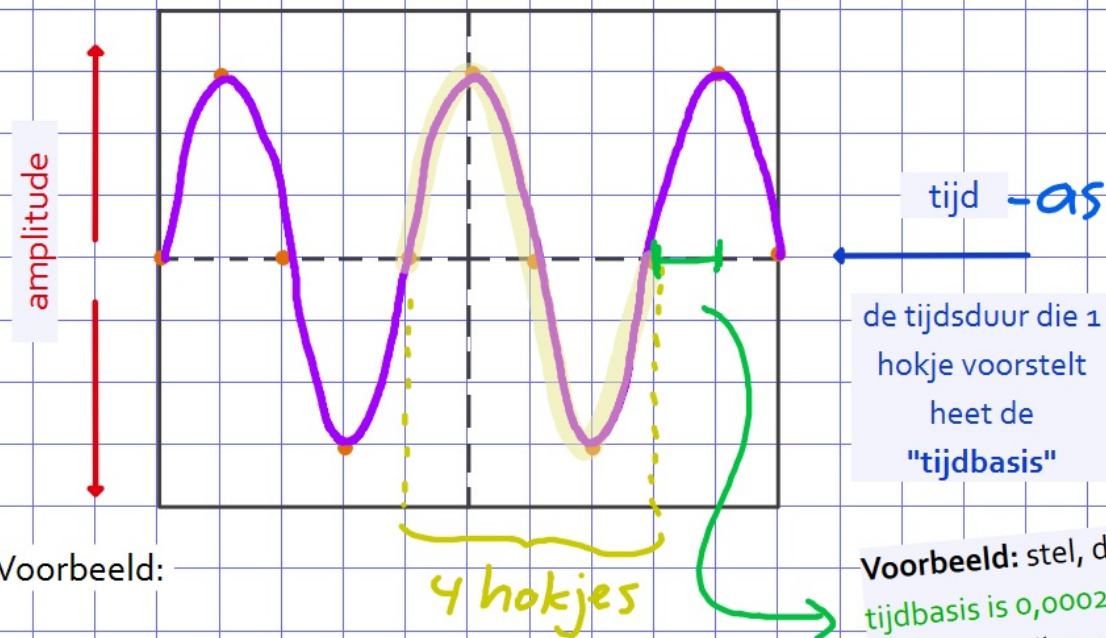
Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

Bord oefening 13:

- Bij welk spoor (A of B) is de stemvork het **snelst** over de glasplaat getrokken?
- Hoe kun je bij A zien dat de stemvork **van links naar rechts** getrokken is?
- Is de stemvork bij spoor C steeds sneller of steeds langzamer voortgetrokken?

9. Met een **oscilloscoop** kun je de trillingstijd meten:



Voorbeeld:

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

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

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

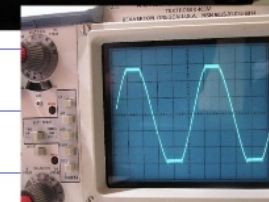
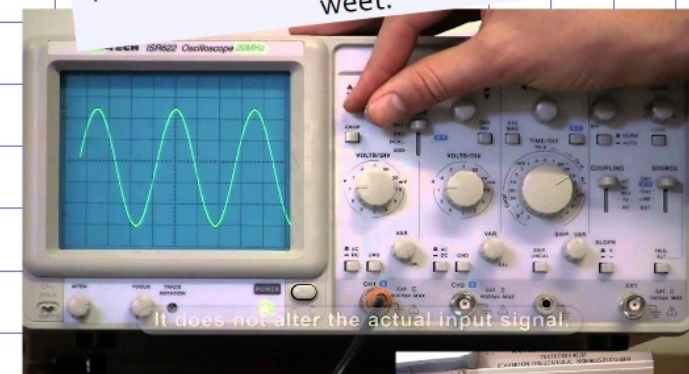
Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

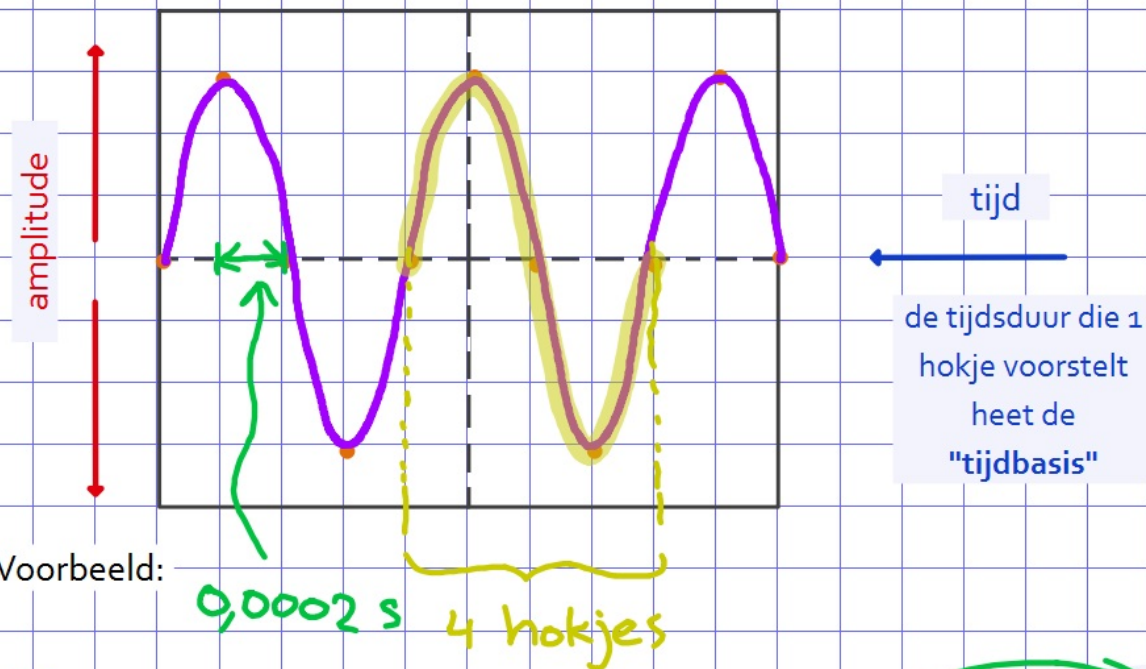
Stappenplan:

[Virtual Oscilloscope \(Online\)](#)

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 frekwentie f nog uit nu je T weet.



9. Met een **oscilloscoop** kun je de trillingstijd meten:



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

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

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

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

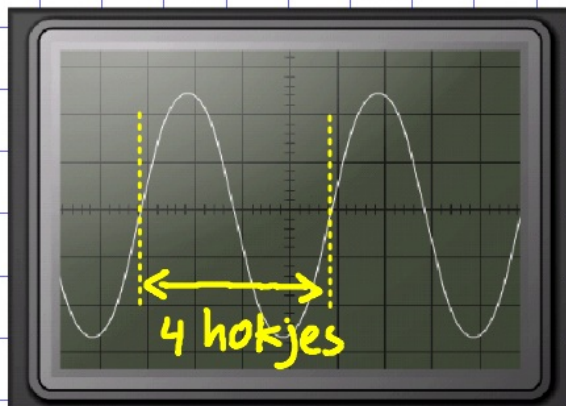
Virtual Oscilloscope (Online)

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.

It does not alter the actual input signal.

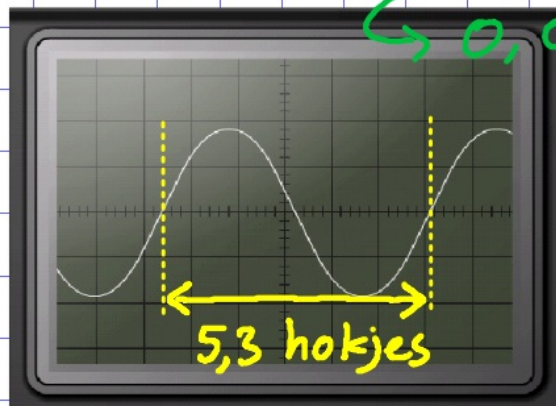
Bordoeffening 10a: Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van $0,001 \text{ s}$. Wat zijn hier de trillingstijd en de frequentie?



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

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

Bordoeffening 10b: Deze oscilloscoop stond afgesteld op een tijdbasis van $0,05 \text{ ms}$. 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

§ 8.4 Trilling in beeld

Stappenplan:

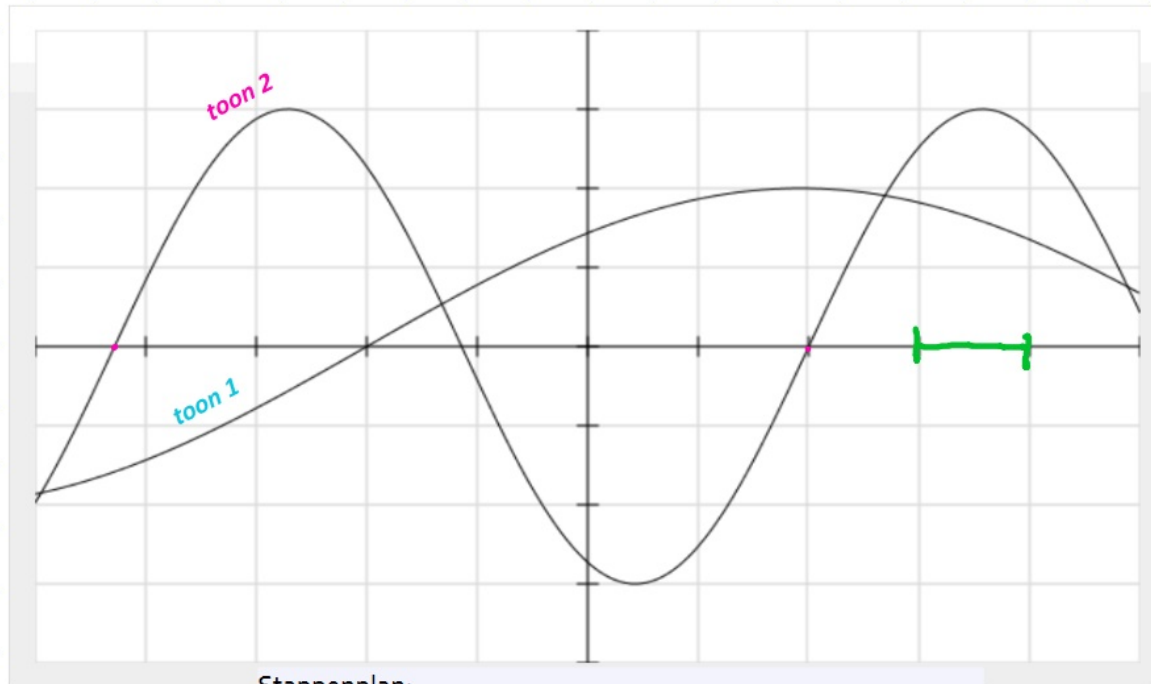
1. Zoek een **enkele trilling** in het oscilloscoopbeeld.
2. Lees af **hoeveel hokjes** de trilling duurt.
3. Vermenigvuldig dit aantal hokjes met de **tijdbasis**. Dit is T .
4. Reken voor de gein ook f nog uit nu je T weet.

voorbeeld vorige blz. 2

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

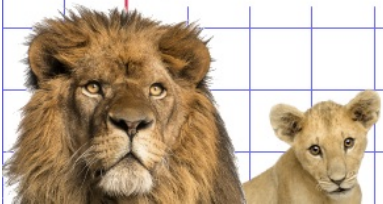
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0008 \text{ s}} = 1250 \text{ Hz}$$

Bordoeffening 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.



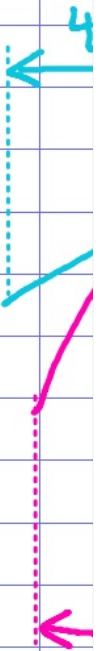
Stappenplan:

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.



Hoofdstuk 8 Geluid

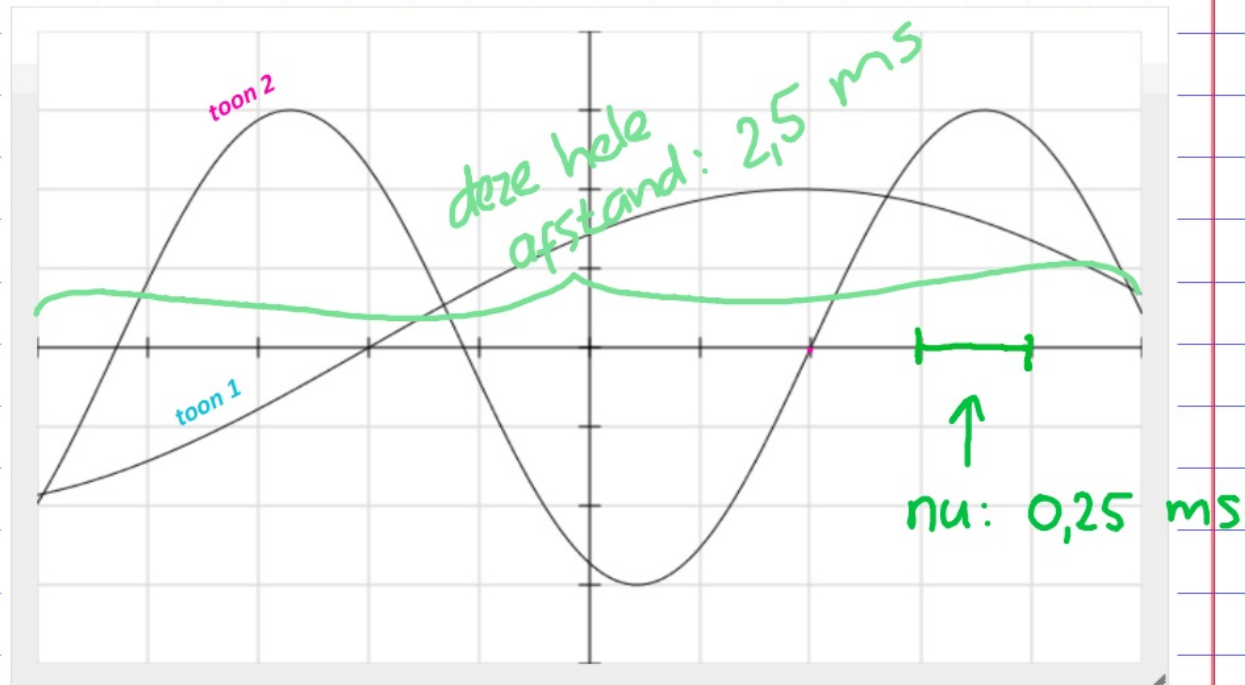
§ 8.4 Trilling in beeld



toon 2:

toon 1:

Bordoeffening 10x: Je wilt de tijdbasis van de oscilloscoop aanpassen zodat van toon 1 minstens 3 trillingen in beeld komen. Moet je de tijdbasis daarvoor groter of kleiner maken?

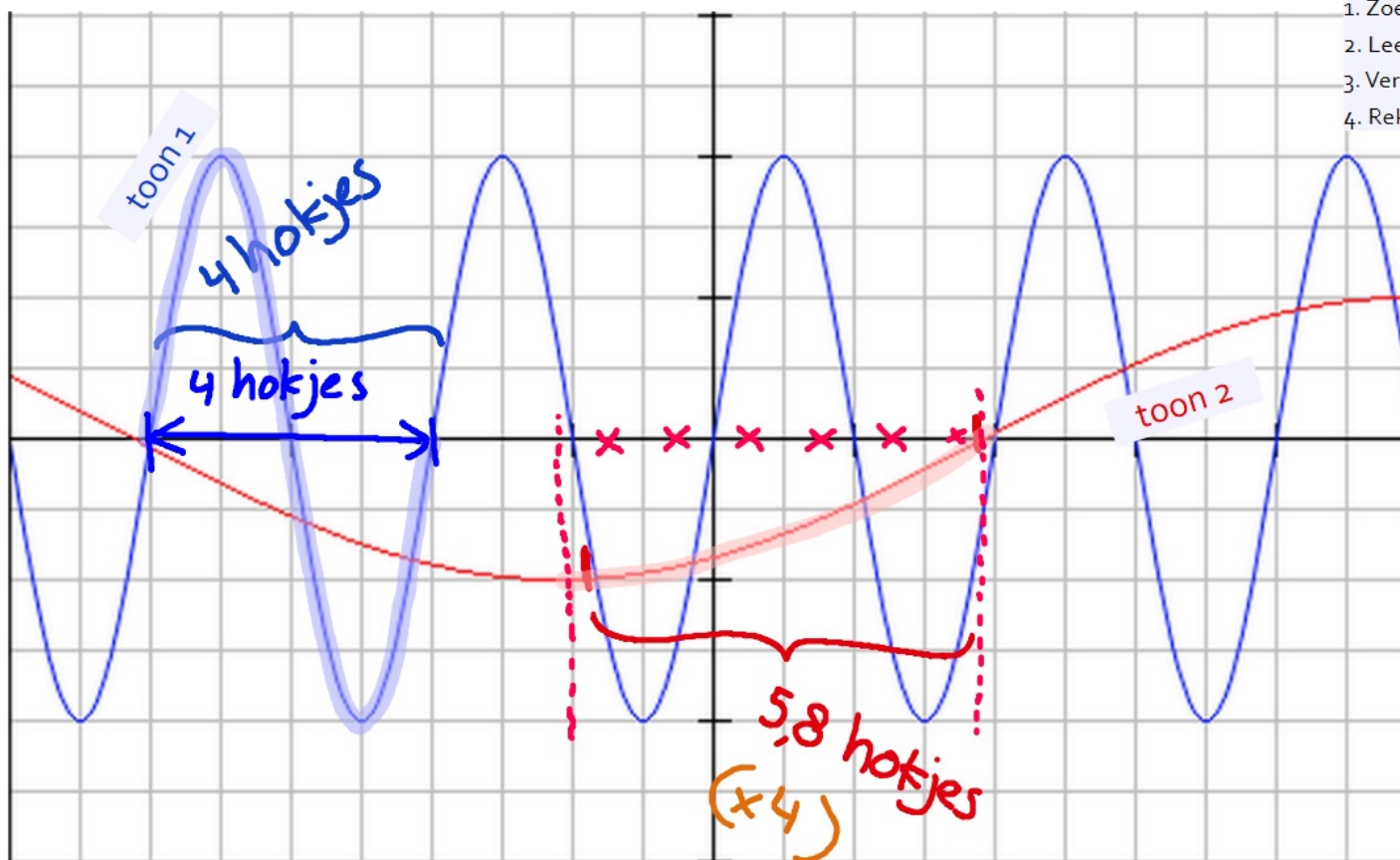


Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

Antwoord: |
een bepaald

Bordoeffening 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?



Hoofdstuk 8 Geluid

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.

toon 1:

$$T = 4 \cdot 0,00001 \text{ s}$$

$$= 0,00004 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00004 \text{ s}} = 25000 \text{ Hz}$$

toon 2:

$$T = 4,58 \cdot 0,00001 \text{ s}$$

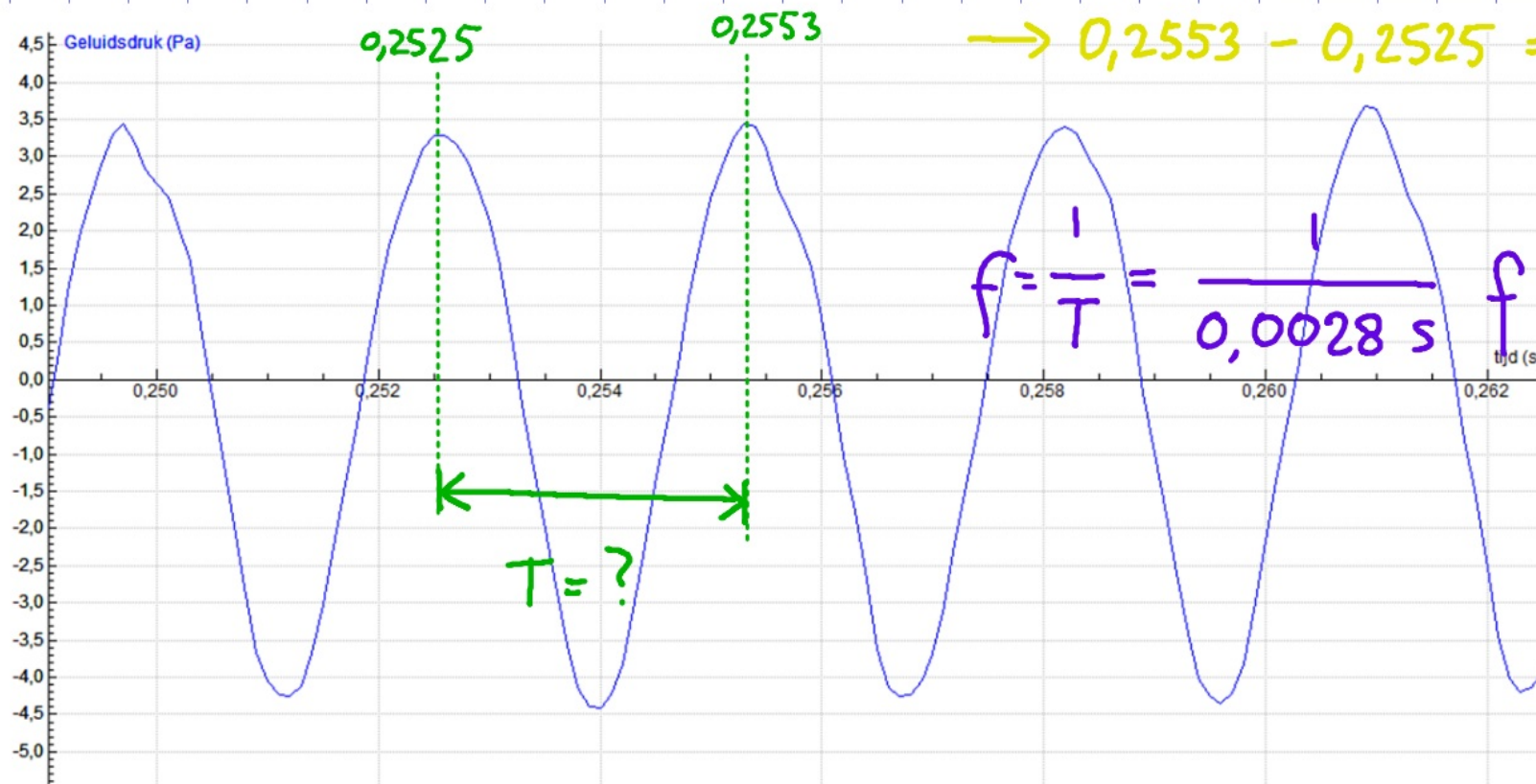
$$= 0,000232 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000232} = 4310 \text{ Hz}$$

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

Hoofdstuk 8 Geluid

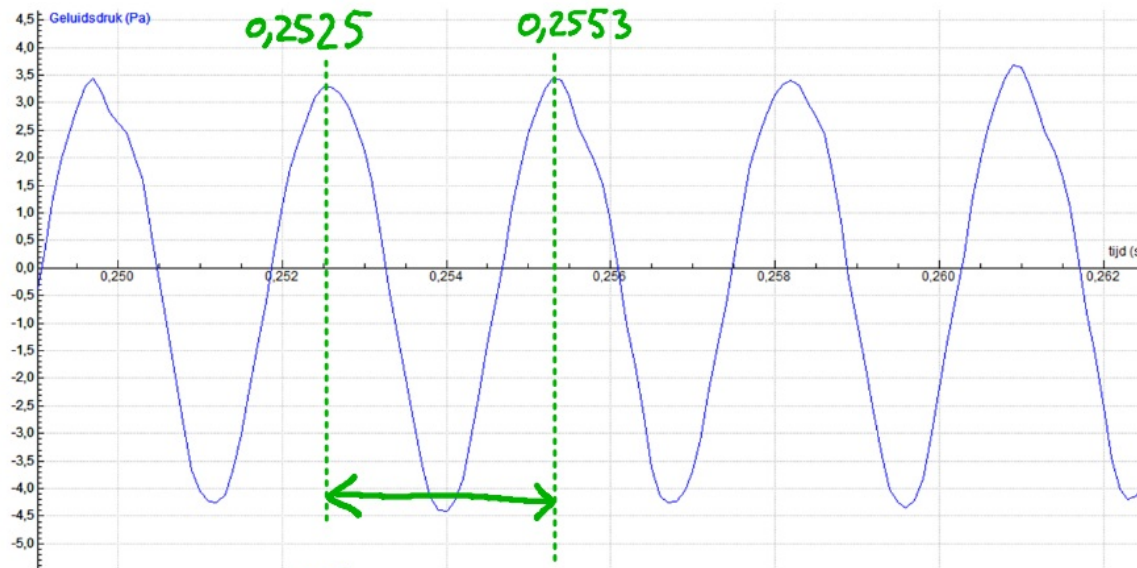
§ 8.4 Trilling in beeld



$$\rightarrow 0,2553 - 0,2525 = 0,0028 \text{ s}$$

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

Bordoeffening 10f: Bekijk onderstaand oscillogram.
Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.



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

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

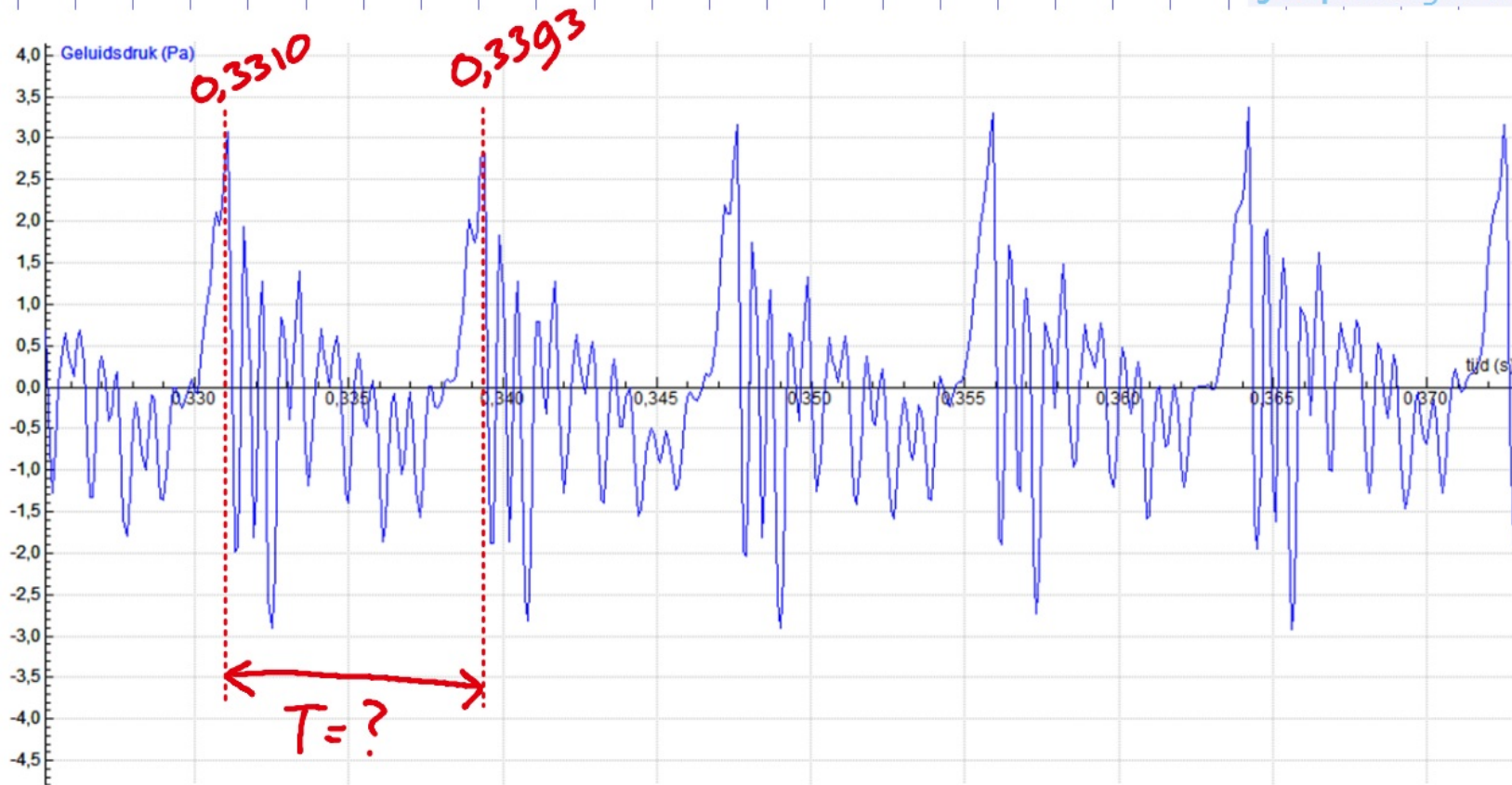
Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

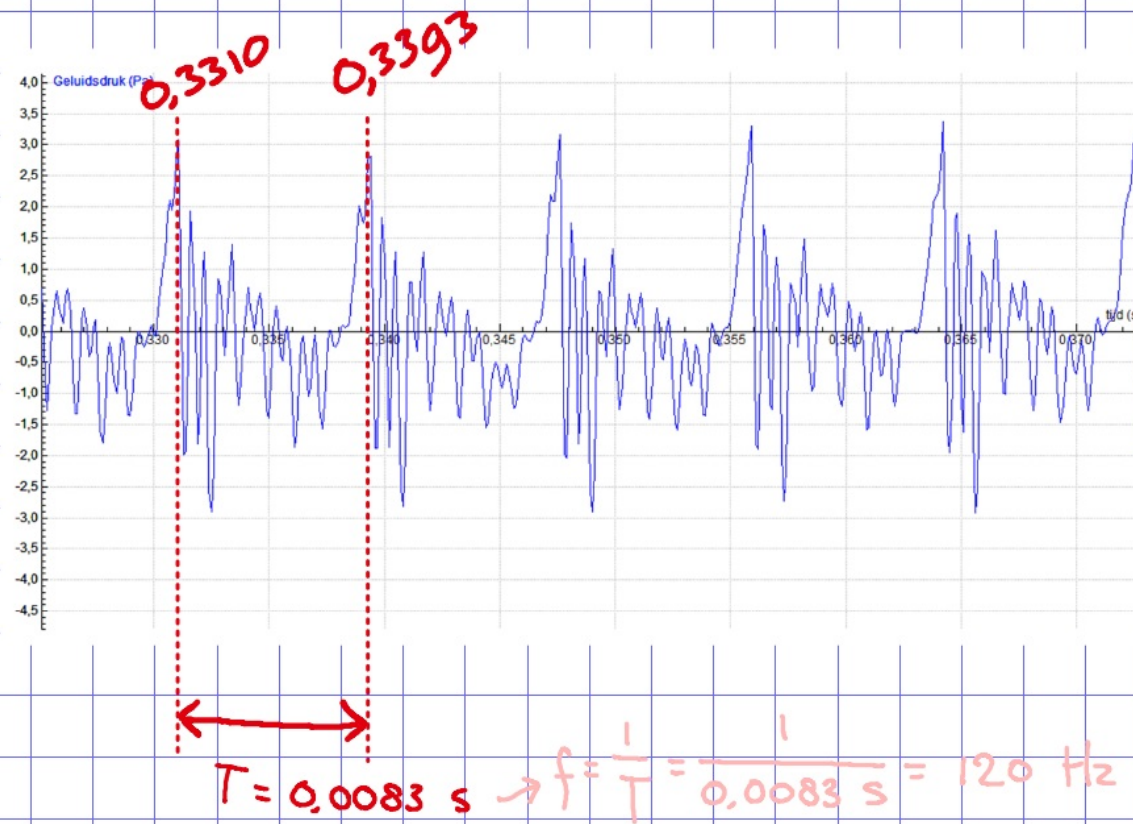
Bord oefening 10g: Bekijk onderstaand oscillogram.
Lees de trillingstijd af en bereken de frequentie.

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld



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



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Trilling in beeld

§ 8.4 Trilling in beeld

8.4 Opdrachten

A 48

- 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 49

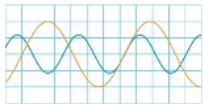
Omringel in elke zin het juiste antwoord.

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

A 50

Je ziet het geluidspatroon van twee tonen. Omringel in elke zin de juiste kleur.

- a De trilling met de grootste amplitude is blauw / oranje.
 b De toon met het hardste geluid is blauw / oranje.
 c Het geluidspatroon met de meeste trillingen is blauw / oranje.
 d De hoogste toon is blauw / oranje.



A 51

Leg uit wat de klankkleur van een instrument is.

B 52

Bereken de trillingstijd die hoort bij de volgende frequenties:

- a $f = 50 \text{ Hz}$
 b $f = 2,0 \text{ Hz}$
 c $f = 75 \text{ kHz}$
 d $f = 1,7 \text{ kHz}$

B 53

Bereken de frequentie die hoort bij de volgende trillingstijden:

- a $T = 0,000 16 \text{ s}$
 b $T = 4,0 \text{ s}$
 c $T = 33 \text{ ms}$
 d $T = 5 \text{ ms}$

B 54

Precies vier trillingen duren $0,128 \text{ s}$. Bereken T in ms.

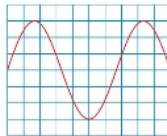
B 55

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van het geluid dat hoort bij het (u,t) -diagram van figuur 8.21.
 b Bereken de frequentie van het geluid.

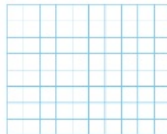
B 56

Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder. Een hokje op de horizontale as stelt $0,02 \text{ s}$ voor.

- a Bepaal hoe lang één trilling duurt.
 b Bereken de frequentie van de trilling.
 c Teken hieronder het beeld van een trilling met een twee keer zo kleine amplitude.



- d Teken hieronder het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie. Eén hokje op de x-as stelt weer $0,02 \text{ s}$ voor.



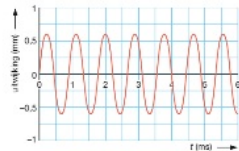
Maak opg. 50, 56, 57, 58 en 60

§ 8.4 Trilling in beeld

C B 57

Met een microfoon is het geluid van een stemvork opgenomen. Het (u, t) -diagram zie je hieronder.

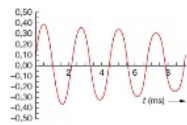
- Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd.
- Bereken de frequentie van de stemvork.
- Leg uit hoe het (u, t) -diagram er uit zou zien wanneer je de stemvork harder aan zou slaan.



C 58

Een computer geeft onderstaand (u, t) -diagram.

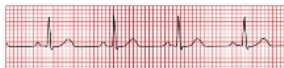
- Hoe zie je dat het geluid steeds zachter wordt?
- Hoe zie je dat de frequentie hetzelfde blijft?



★ C 59

In de starter zie je de hartslag van een patiënt in beeld. Je kunt de hartslag ook in beeld brengen met een ecg, een elektrocardiogram. Zie de figuur hieronder.

Een mm-hokje komt horizontaal overeen met 0,04 s. Bepaal met dit ecg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.

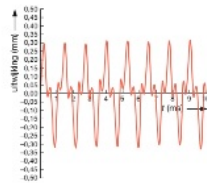


Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ toelichten hoe een (u, t) -diagram verandert als de toonhoogte of de geluidssterkte verandert;
- ☐ de trillingstijd en amplitude bepalen uit een (u, t) -diagram;
- ☐ met een formule trillingstijd en frequentie in elkaar omrekenen;
- ☐ uitleggen wat de klankkleur van een instrument is.

C 60

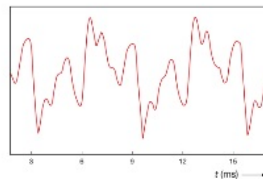
Hieronder zie je een (u, t) -diagram van een blokfluit. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van grondtoon van het geluid dat de blokfluit voortbrengt.



C 61

Je ziet het (u, t) -diagram van een toon van een klarinet.

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



★ D 62

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.

Maak opg. 50, 56, 57, 58 en 60

§ 8.4 Trilling in beeld

8.4 Opdrachten

A 50

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

A 51

Omcirkel in elke zin het juiste antwoord.

- a De amplitude is het aantal trillingen per seconde / de maximale uitwijking.
 b Hoe groter de amplitude, hoe kleiner / groter de geluidssterkte.
 c Hoe groter de trillingstijd, hoe kleiner / groter de frequentie.
 d Bij een noot van een octaaf hoger is de trillingstijd twee keer zo groot / klein.

B 52

Bereken de trillingstijd die hoort bij de volgende frequenties:

- a 50 Hz in s en ms
 b 2,0 Hz in s en ms
 c 75 kHz in ms en μ s
 d 1,7 kHz in μ s

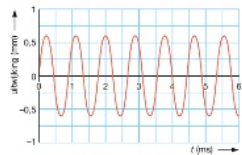
B 53

Bereken de frequentie die hoort bij de volgende trillingstijden:

- a 0,000 16 s in Hz en in kHz
 b 4,0 s in Hz en in kHz
 c 33 ms in Hz
 d 5 μ s in kHz en in MHz

B 54

Met een microfoon is het geluid van een stemvork opgenomen. Het (u,t)-diagram zie je hieronder.

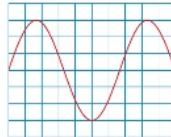


- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd.
 b Bereken de frequentie van de stemvork.
 c Leg uit hoe het (u,t)-diagram eruit zou zien wanneer je de stemvork harder aan zou slaan.

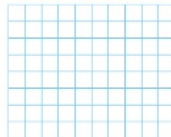
B 55

Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder. Eén hokje op de horizontale as stelt 0,02 s voor.

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



- d Teken hieronder het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie. Eén hokje op de x-as stelt weer 0,02 s voor.



B 56

Precies vier trillingen duren 0,128 s. Bereken f .

B 57

Ireen speelt de noot a1 op een piano.

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

Op de meeste moderne piano's is de laagste toon een a met een frequentie van 27,5 Hz. De hoogste a heeft een frequentie van 3520 Hz.

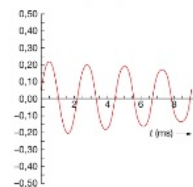
- b Bereken hoeveel octaven er tussen deze tonen zitten.

Maak opg. 54, 55, 58 en 60

§ 8.4 Trilling in beeld

★ C 58

Met een computer maak je van een sternwerk onderstaand (u,t) -diagram.

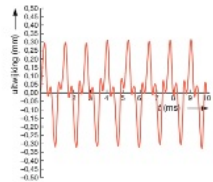


- Hoe zie je dat het geluid steeds zachter wordt?
- Bepaal hoeveel procent de amplitude na drie trillingen is afgenomen.
- Hoe zie je aan de grafiek dat de frequentie hetzelfde blijft?
- Bepaal deze frequentie.

C 59

Hieronder zie je een (u,t) -diagram van een blokfluit.

- Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van de grondtoon.



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

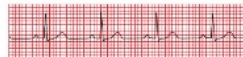
- Leg uit hoe je dat aan de grafiek ziet.
- Leg uit of die toon een grotere of een kleinere amplitude heeft.

Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ toelichten hoe een (u,t) -diagram verandert als de toonhoogte of de geluidssterkte verandert;
- ☐ de trillingstijd en amplitude bepalen uit een (u,t) -diagram;
- ☐ met een formule trillingstijd en frequentie in elkaar omrekenen;
- ☐ rekenen met frequenties van muzieknoten;
- ☐ uitleggen wat de klankkleur van een instrument is.

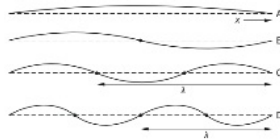
C 60

In de starter zie je de hartslag van een patiënt in beeld. Je kunt de hartslag ook in beeld brengen met een ecg, een elektrocardiogram. Zie de figuur hieronder. Een mm-hoekje komt horizontaal overeen met 0,04 s. Bepaal met dit ecg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.



★ D 61

In figuur 8.1 heb je gezien hoe een trommelfel 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 (u,t) - maar (u,x) -diagrammen. In een (u,t) -diagram staat een berg en een dal samen voor een trillingstijd T , in een (u,x) -diagram voor de golflengte λ . De trillingstijd T van de toon die de snaar maakt, is recht evenredig met de golflengte λ .

- Leg uit of de toon die de snaar in figuur C maakt, hoger of lager is dan de toon in figuur B.
- Welke tonen verschillen een octaaf?

- Kruis de juiste antwoorden aan.
- ☐ die van figuur A met die van B
 - ☐ die van figuur A met die van C
 - ☐ die van figuur A met die van D
 - ☐ die van figuur B met die van C
 - ☐ die van figuur B met die van D

Maak opg. 54, 55, 58 en 60

§ 8.5 Geluidssnelheid

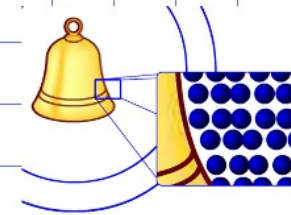
De geluidsgolven die bij de bron zijn ontstaan bewegen alle kanten op weg met de **geluidssnelheid**. Deze snelheid hangt af van het **medium**.

Je kunt rekenen aan de voortplanting van geluid met de **snelheidsformule**:

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

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.5 Geluidssnelheid



How sound travels through the air

geluidssnelheden:

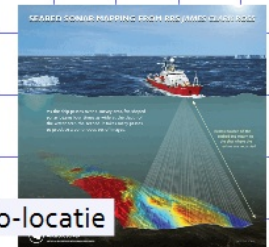
lucht (20°C), $v = 343 \text{ m/s}$
lucht (0°C), $v = 332 \text{ m/s}$
water (0°C), $v = 1403 \text{ m/s}$
water (20°C), $v = 1484 \text{ m/s}$
rubber (20°C), $v = 50 \text{ m/s}$
ijzer (20°C), $v = 5100 \text{ m/s}$



Doppler-effect

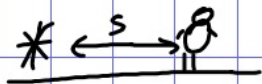


supersone knal



sonar en echo-locatie

Bordoeffening 14: 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.

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

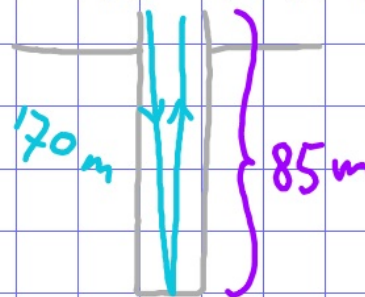
Bordoeffening 15: Je ziet iemand 200 meter verderop op een trommel slaan. Je hoort de klap echter pas 0,570 s later. Wat was de geluidssnelheid op dat moment? Was de luchttemperatuur op dat moment hoger of lager dan 20 °C?

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

Bordoeffening 16: 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.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{170 \text{ m}}{332 \text{ m/s}} = 0,512 \text{ s}$$

Maak opg. 64, 65, 68, 69, 70 en 71



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.5 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 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.

Extreme extra bordoefening X:

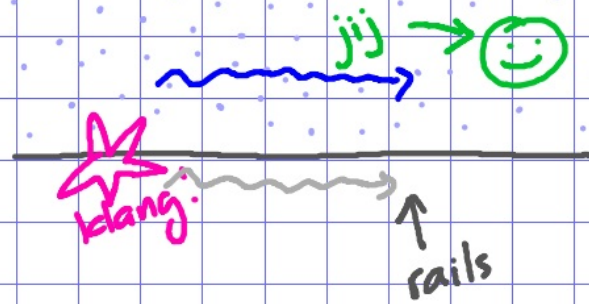
door de rails:

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

door de lucht:

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

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



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.5 Geluidssnelheid

geluidssnelheden:

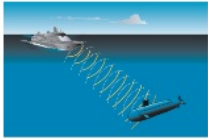
- lucht (20 °C), $v = 343 \text{ m/s}$
- lucht (0 °C), $v = 332 \text{ m/s}$
- water (0 °C), $v = 1403 \text{ m/s}$
- water (20 °C), $v = 1484 \text{ m/s}$
- rubber (20 °C), $v = 50 \text{ m/s}$
- ijzer (20 °C), $v = 5100 \text{ m/s}$

Extreme extra bordoefening X: 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.

§ 8.5 Geluidssnelheid

C 72

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. Zie de figuur hieronder.



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.

★ D 74

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.



★ D 75

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.

Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ berekeningen maken met de geluidssnelheid in verschillende stoffen;
☐ berekeningen uitvoeren aan echolocatie.

Maak opg. 65, 66, 67, 69, 72, 73 en 74

8.5 Opdrachten

62

- Noem een ander woord voor geluidssnelheid.
- Is de snelheid van licht groter of kleiner dan die van geluid?
- Hoelang doet het geluid van de donder over een afstand van ongeveer 1 kilometer?

63

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

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

64

Aicha meet de tijd tussen de bliksem en de donder bij het onweer uit de starter. Ze meet 7,0 s bij een geluidssnelheid van 343 m/s.

- Bereken met de vuistregel de afstand tot het onweer.
- Bereken nu met de formule hoe ver weg het onweer is.
- Bereken hoeveel procent beide antwoorden verschillen.

65

Een vleermuis zendt geluiden uit om zijn prooi te lokaliseren.

- Leg uit hoe echolocatie bij een vleermuis werkt.

Na 0,030 s hoort de vleermuis de echo.

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

66

Hieronder zie je een afbeelding van watergolven.



- Geef de plaats van de bron aan.
- Geef met zes pijlen aan in welke richtingen de watergolven zich voortplanten.
- Redenk een manier om te bepalen hoe snel de golven zich voortplanten op het wateroppervlak zit.

67

Licht en geluid zijn verschijnselen die op elkaar lijken.

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

68

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 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.

- Toon aan dat de tijd die dan op het bordje zou moeten staan, gelijk is aan 1 min 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.

69

De geluidssnelheid in ijzer 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 bandiet 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 bandiet.
- Omcirkel 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.

Boek V/G

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.5 Geluidssnelheid

64

$$a. \quad 2333 \text{ m}$$

$$b. \quad s = v \cdot t$$

$$= 343 \cdot 7,0$$

$$= 2401 \text{ m}$$

$$c. \quad 2333 \text{ m (100\%)}$$

$$23,33 \text{ m (1\%)}$$

$$2401 - 2333 = 68 \text{ m}$$

$$\frac{68 \text{ m}}{23,33 \text{ m}}$$

$$= 2,9\%$$

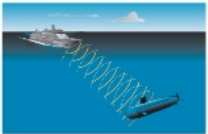
Maak opg. 64, 65, 68, 69, 70 en 71

§ 8.5 Geluidssnelheid

C 70

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

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



Geluid plant zich in zeewater 4,4 maal zo snel voort als in lucht. De onderzeeboot bevindt zich op 1,5 km van de boot. Ga uit van een temperatuur van 20 °C voor beide media.

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

★ C 71

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.

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



★ C 72

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.

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

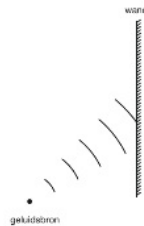
Onder water geldt een andere vuistregel dan in de lucht.

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

★ D 73

In de onderstaande figuur zie je een geluidsbron en de golffronten die van de bron af bewegen. Construeer de teruggekaatste golffronten met de volgende stappen.

- 1 Teken het 'beeld' van de bron zoals je dat in hoofdstuk 2 hebt geleerd.
- 2 Teken loodrecht op de golffronten, van de bron tot de wand, rechte lijnen met pijlen die de voortplantingsrichting van het geluid weergeven.
- 3 Teken de teruggekaatste 'stralen' volgens de spiegelwet.
- 4 Teken de teruggekaatste golffronten met een passer. Zet de punt van de passer in het beeld. Houd de onderlinge afstand tussen de golffronten gelijk.



Kruis aan. Je kunt nu ...

- ☐ berekeningen maken met de geluidssnelheid in verschillende stoffen;
☐ beschrijven wat de verschillen zijn tussen licht en geluid;
☐ berekeningen uitvoeren aan echolocatie.

Maak opg. 64, 65, 68, 69, 70 en 71

- 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 §8.2: frequentie van massa-veersystemen

Hoofdstuk 8 Geluid

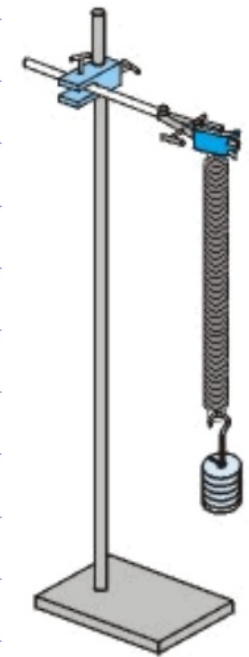
§ 8.4 Toonhoogte

Bepaling 1: Dikke veer

m (g)	10T (s)	T (s)	f (Hz)
0			
50			
100			
150			
200			
250			

Bepaling 2: Dunne veer

m (g)	10T (s)	T (s)	f (Hz)
0			
50			
100			
150			
200			
250			



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

Practicum bij §8.2: frequentie van massa-veersystemen

Hoofdstuk 8 Geluid

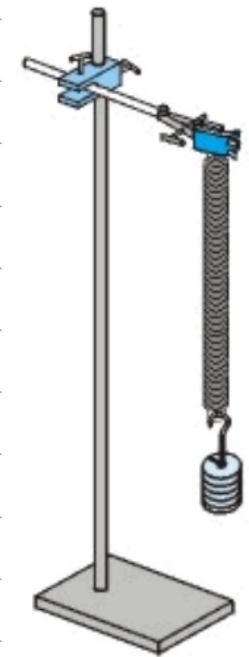
§ 8.4 Toonhoogte

Bepaling 1: Dikke 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

Bepaling 2: Dunne veer

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



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

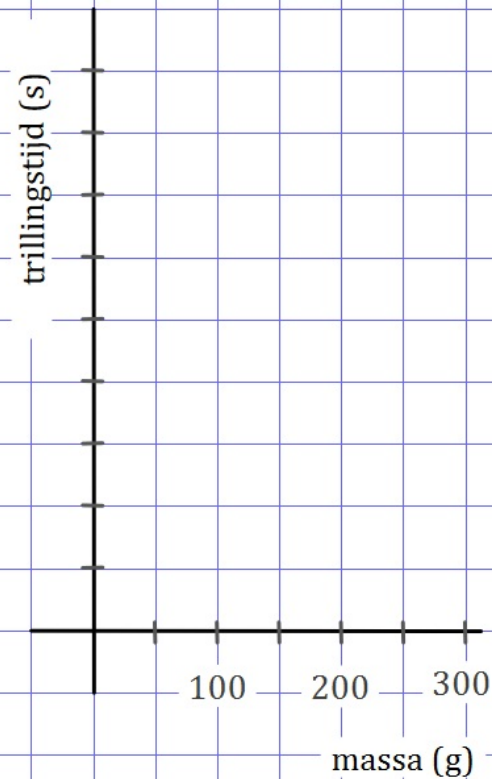
Practicum bij §8.2: frequentie van massa-veersystemen

Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Toonhoogte

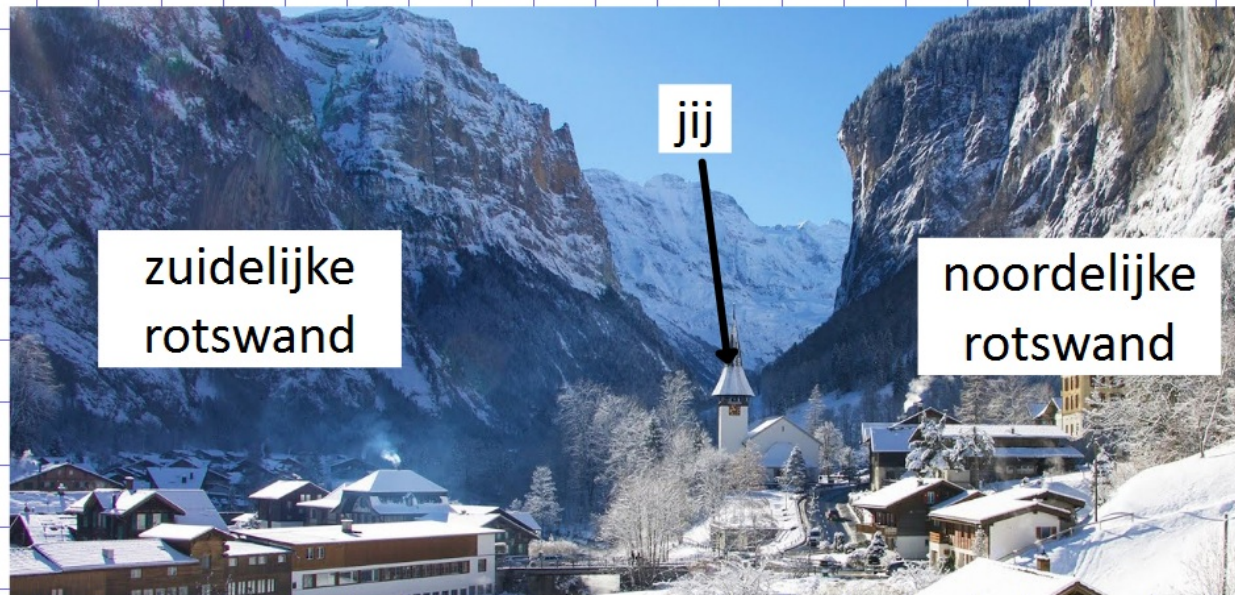
Bepaling 1: Dikke veer

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



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Toonhoogte



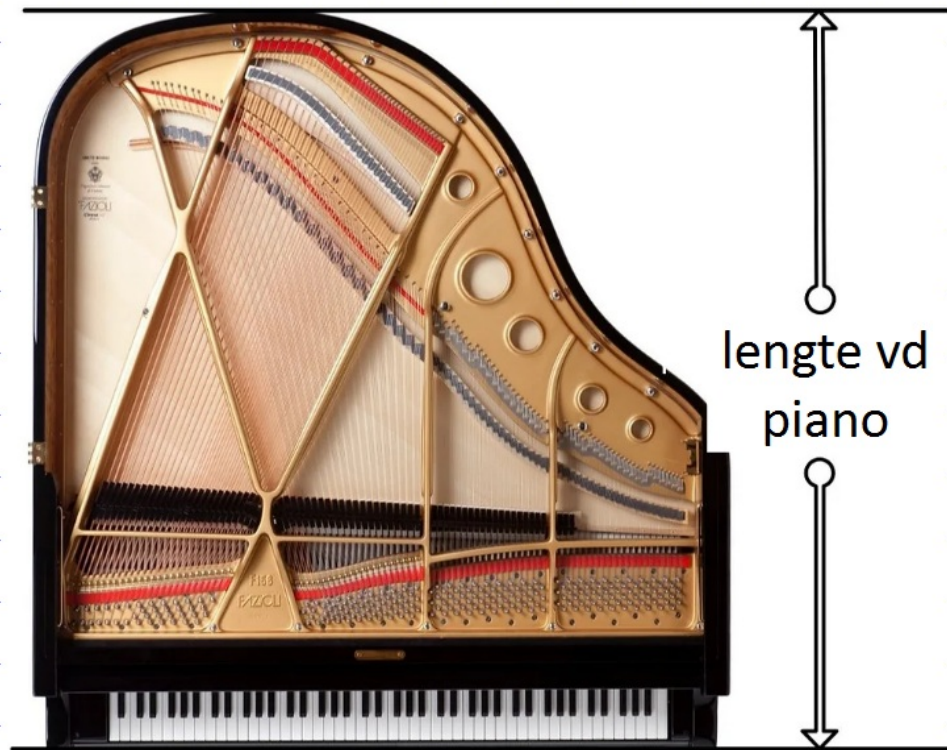
Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Toonhoogte



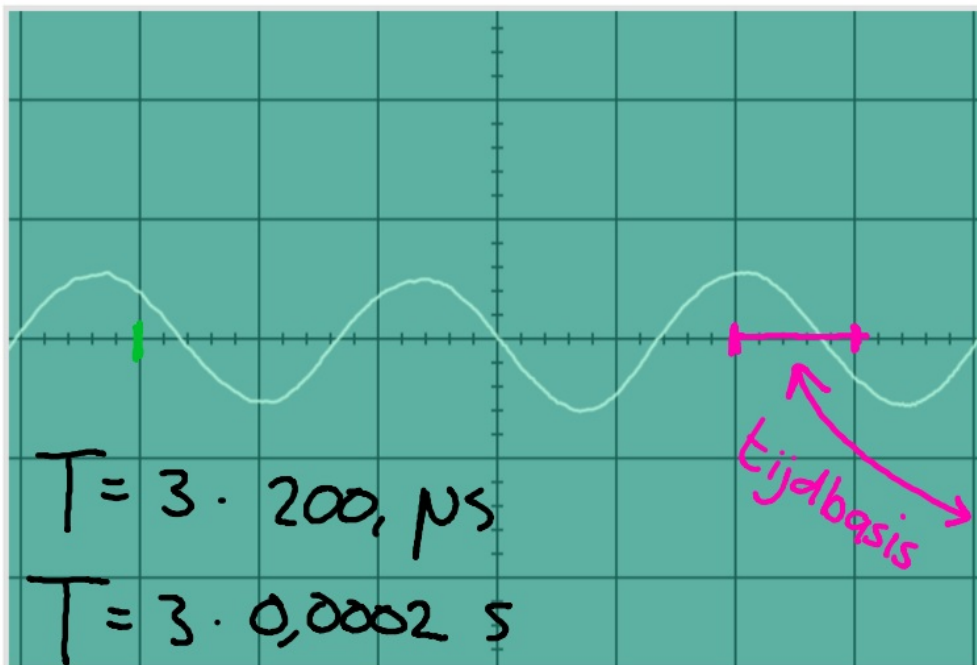
Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Toonhoogte





Practicum bij §8.3: frequentie meten met oscilloscoop



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

grafiek horizontaal →
verschuiven

Input
Live Input (5 V peak am) ▾

Freeze Live Input
☒

Input Wave Frequency
250 Hz

Oscilloscope gain
1.0

Seconds / div
1 ms ▾

Volts / div
5 V ▾

Horizontal Offset
[Slider]

Vertical Offset
[Slider]

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.



Hoe snel een bron uit zichzelf blijft trillen heet de **eigenfrequentie**.

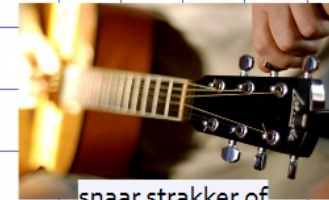
Deze eigenfrequentie hangt af van (snaar als voorbeeld):

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

↳ dus hogere
toon

Bordoeffening 11: Bedenk of onderstaande aanpassingen de frequentie van de bron vergroten of verkleinen:

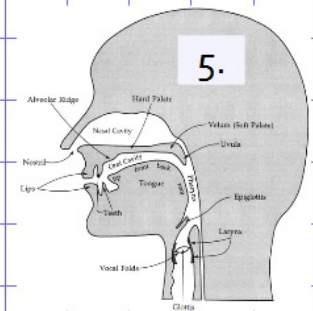
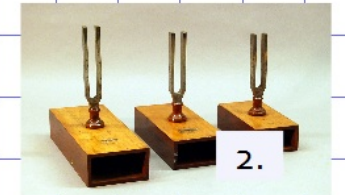
1. Je maakt de trillende liniaal korter (afb. 1). $f \uparrow$
2. Je neemt een andere stemvork die langer is (afb. 2). $f \downarrow$
3. Je hangt twee keer zoveel gewichtjes aan de stalen veer (afb. 3). $f \downarrow$
4. Je neemt een stuggere veer (afb. 3). $f \uparrow$
5. Je maakt de fluit korter door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



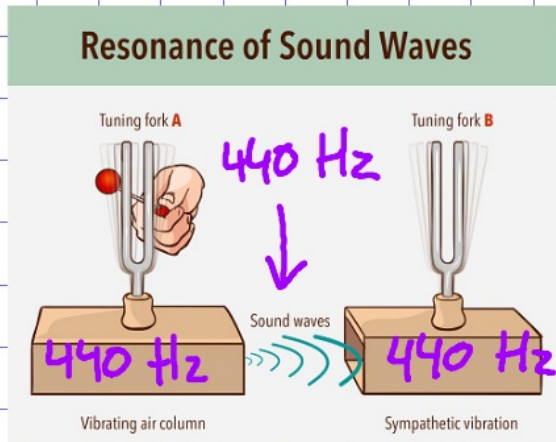
snaar strakker of
losser draaien



snaar korter of
langer maken



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



Hoofdstuk 8 Geluid

§ 8.4 Toonhoogte

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

