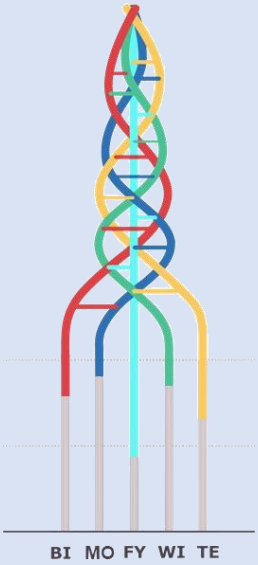
Naam:

Klas: _____ Nr: _____

STEMmige muziek: Het bouwen van een klankkast

Project GO³

Geïntegreerd Onderzoek, Ontwikkeling, Onderwijs



STEM - WETENSCHAPPEN

2de jaar A-stroom

Promotor:

Renaat Frans
Andreotti Erica

Mentoren:

Bart Ceunen
Sandro Guarragi

Studenten:

Ian Theys

Leni Vanden Boer

Britt Merckx

Inhoudsopgave

Leerplannen		1
Check-in		2
	Ontwikkeling ideale klankkast	
1	Probleemstelling	4
2	Onderzoek	6
	2.2 Onderzoeksvraag 1: Wat is geluid en hoe ontstaat het?	7
	2.2.1 Geluidsbron	
	2.2.2 Geluidsbron bij muziekinstrumenten	
	2.2.3 Synthesemoment	
	2.3 Onderzoeksvraag 2: Wat is toonhoogte en frequentie?	16
	2.3.1 Telefoonspeaker vs externe speaker	
	2.3.2 Frequentie	
	2.3.3 Frequentiebereik van de speaker	
	2.3.4 Het gehoorspectrum van de mens	
	2.3.5 Is het gehoorspectrum van dieren gelijk aan dat van de mens?	
	2.3.6 Het stembereik van de mens	
	2.3.7 Synthesemoment	
	2.4 Onderzoeksvraag 3: Hoe plant geluid zich voort?	45
	2.4.1 Voortplanting van geluid	
	2.4.2 Een geluidsgolf doorheen een medium	
	2.4.3 De voorstelling van de geluidsgolf	
	2.4.4 opdrachten	
	2.4.5 synthesemoment	

2.5 Onderzoeksvraag 4: Hoe laten we andere voorwerpen meetrillen? 62

2.5.1 Het verschijnsel Resonantie: iets laten 'meetrillen'
2.5.2 Eigenfrequenties op een aerofoon
2.5.3 Eigenfrequenties van platen
2.5.4 De afmeting van de klankkast
2.5.5 Onderzoek van de aandrijffrequentie op de resonantie
2.5.6 Synthesemoment

2.6 Onderzoeksvraag 5: Heeft de massa invloed op de hoogte van de eigenfrequentie(s)? 82

2.6.1 Eigenfrequenties van voorwerpen
2.6.2 Synthesemoment

2.7 Onderzoeksvraag 6: Heeft het horen iets te maken met eigentrillingen? 87

2.7.1 Hoe kunnen we verschillende frequenties horen?
2.7.2 Het inwendig oor
2.7.3 Schade in het slakkenhuis: gehoorverlies
2.7.4 Synthesemoment

2.8 Begrippenlijst 97

De bouw van een klankkast

3 Probleemstelling 102

3.1 Criteria gesteld aan de klankkast 103

3.2 Criteria ontwerp 104

3.3 Stuklijst 105

3.4 Sketchup 106

3.5 Tekenen van de klankkast 114

3.6 Constructie van de klankkast 125

3.7 De klankkast testen in functie van de criteria 138

4 Evaluatie 139

Leerplannen

GEMEENSCHAPPELIJKE DOELEN VOOR DE STEM-basisopties

LPD 3	**De leerlingen passen wetenschappelijke vaardigheden toe.**
LPD 4	**De leerlingen gebruiken doelgericht hulpmiddelen om te onderzoeken, te ontwerpen of te realiseren al dan niet aan de hand van technisch-wetenschappelijke informatie.**
LPD 5	**De leerlingen beargumenteren keuzes bij het oplossen van problemen in STEM-contexten.**

Leerplandoelen profilering STEM-technieken en STEM-wetenschappen

LPD 11	**De leerlingen onderzoeken behoeften, vragen, problemen en randvoorwaarden om een oplossing te ontwikkelen binnen een relevante STEM-context.**
LPD 12	**De leerlingen ontwerpen een oplossing in functie van behoeften, vragen, problemen, eisen en beperkingen.**

Conceptuele leerdoelen

LPD 15	**De leerlingen analyseren recht- en omgekeerd evenredige verbanden tussen grootheden.**

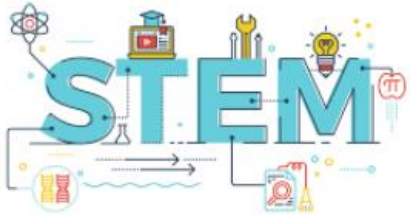
Check-in

Geluid is belangrijk in ons leven. Veel mensen houden ervan om naar muziek te luisteren en ook tv kijken zou niet hetzelfde zijn moest er geen geluid zijn. Langs de andere kant kan geluid ook een storende impact hebben wanneer we ons bijvoorbeeld moeten concentreren.

Binnen ons dagdagelijks leven worden we allemaal geconfronteerd met geluid. Zowel op school als thuis spelen deze geluiden een belangrijke rol en geven ze ons meer informatie. Ook binnen wetenschappelijke studies is er veel te doen rond het thema 'geluid'.

Sommige wetenschappers baseren hun studie omtrent het thema 'geluid' om meer te weten te komen over materialen. Andere wetenschappers en ingenieurs leggen eerder de focus op de manier waarop deze geluiden zich voortplanten. In een concertzaal is het bijvoorbeeld ontzettend belangrijk dat de akoestiek goed is. Anderen onderzoeken de oorzaken van gehoorverlies of het gebruik van echografie voor medische diagnose en behandeling.

Binnen dit onderzoek leggen we de nadruk op het optimaliseren van het schraal geluid dat wordt geproduceerd door de luidspreker van je smartphone. Hoe komt het dat de luidspreker van onze moderne gsm zo'n slechte klank voortbrengt?



Technology

Science

Engineering

Mathematics

Techniek

Wiskunde

→ Basiswetten van de natuur

→ Studie van de stofomzettingen

→ Studie van de levende natuur

Fysica

Chemie

Biologie

Ontwikkeling ideale klankkast

1 Probleemstelling

[1]

We kunnen de gsm niet meer uit ons leven wegdenken. Bijna iedereen heeft een smartphone.
Zo'n smartphone kan je vergelijken met een mobiele computer. Je kan er van alles mee: bellen, surfen op het internet, berichtjes sturen, video's kijken, gamen…

Bij veel van deze activiteiten gebruiken we de speaker van onze gsm. Jammer genoeg is dit geluid niet luid en klinkt het vaak schel.

Hoe zouden we dit geluid kunnen versterken? **persoonlijk antwoord van de leerling**

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Je zou het volume van je gsm kunnen verhogen of een externe speaker gebruiken, maar zouden we ook het geluid kunnen versterken zonder de eigenschappen van de telefoon te veranderen of gebruik te maken van elektrische versterking?

In deze bundel gaan we samen aan de slag en ontwerpen we een klankkast. Eerst worden er een aantal criteria opgesomd waaraan de klankkast moet voldoen. In een later onderzoek analyseren we welk materiaal we moeten gebruiken en welke afmetingen we moeten respecteren. Tijdens dit onderzoek baseren we ons op verschillende experimenten.

[1] https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/listening-music-with-cellphone-smartphone-and-vector-8109836

Demo experiment

Onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er als je een trillende stemvork op de tafel plaatst?

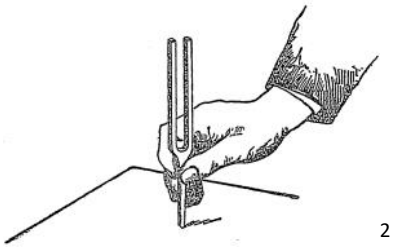
Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

Benodigdheden:

- Stemvork

Uitvoering:


[2]

1. Sla de stemvork aan.
2. Luister goed naar wat je hoort.
3. Plaats vervolgens de stemvork op de tafel.
4. Luister nu opnieuw naar wat je hoort.

Vragen:

vraag 1:
Wat neem je waar?

Door de stemvork op de tafel te plaatsen, wordt het geluid luider.

BESLUIT: Door de stemvork op de tafel te plaatsen, wordt het geluid **LUIDER**/ZACHTER.

Als we een groter oppervlak laten meetrillen zoals een tafel of een klankkast van een muziekinstrument, wordt het geluid beter hoorbaar. Dit wilt zeggen dat we met behulp van een klankkast ook het geluid van de luidspreker van onze gsm kunnen versterken.
We zoeken eerst naar wat geluid juist is, of het bestaat uit hoge en lage tonen en hoe we bepaalde tonen sterker kunnen laten meeklinken.

Uitdaging: **Hoe een beter geluid uit je gsm krijgen door een klankkast te bouwen?**

[2] http://science-notebook.com/gilbert-sound-02.html

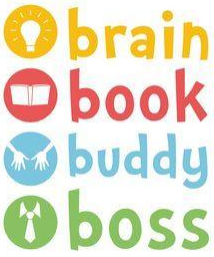
2 Onderzoek

2.1 Eerste Criteria

[3]

In dit project zullen we een klankkast ontwerpen.
Dit wilt zeggen dat we met behulp van kleine onderzoeken een systeem zullen uitdenken om de klankkast te realiseren.
We zullen vooral onderzoeken welke vorm we gaan gebruiken, welke materialen we nodig hebben en welke afmetingen we moeten respecteren.

Tijdens dit project zullen er verschillende experimenten aan bod komen. Afhankelijk van het experiment zal je individueel, in groep of klassikaal aan de slag gaan.
Luister altijd goed naar de leerkracht, volg de stappen nauwlettend en toon respect voor het materiaal. Een overzicht van onze afspraken vind je in de experimentenbox.



[4]

<u>Hulp nodig tijdens de experimenten?</u>

1. Denk zelf nog eens goed na.
2. Zoek het op in een bron. (werkboek, woordenboek…)
3. Vraag hulp aan een medeleerling.
   - Als je uitleg geeft aan je buur, leg je uit hoe het moet, maar zeg je niets voor.
4. Vraag hulp aan de leerkracht. (steek je hand omhoog)

Bij het ontwerpen van de klankkast is het de bedoeling om het geluid van de gsmspeaker zo goed mogelijk te versterken. Rekening houden met de resultaten uit de experimenten is dus een must!
De klankkast moet aan de volgende **<u>CRITERIA</u>** voldoen:

- De klankkast is stevig.
- Je gsm moet passen in de voorziene gleuf van de klankkast.
- De klankkast versterkt het geluid.
- De kwaliteit van het geluid gaat niet verloren.

[3] https://www.pngitem.com/middle/Tixwixh_vision-icon-circle-hd-png-download/

[4] https://willinktlc.wordpress.com/2016/03/04/brain-book-buddy-boss/

2.2 Onderzoeksvraag 1: Wat is geluid en hoe ontstaat het?

2.2.1 Geluidsbron

Wat is de bron van geluid?

2.2.1.1 Geluidsbron

Wat is een geluidsbron?

Als je op een feestje bent, voel je soms de muziek door je lichaam heengaan.
Wat is geluid nu eigenlijk? Waarom kan je het voelen?

<u>Leerlingen experiment:</u>

Onderzoeksvraag:
Wat voel je als je praat tegen een ballon?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Ballon

Uitvoering:

1. Blaas de ballon op en knoop deze dicht.
2. Houd de ballon vast en laat de persoon tegenover jou met zijn lippen tegen de ballon praten.

Vragen:

vraag 1:
Wat voel je aan de ballon?

De ballon trilt.

vraag 2:
Hoe denk je dat dit komt?

Omdat je stem trilt, zal de ballon ook trillen.

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met een pingpongbal die je tegen een aangeslagen stemvork houdt?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

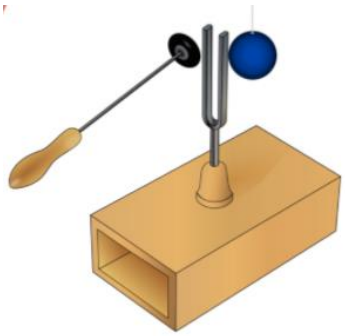
Benodigdheden:

- Stemvork
- Hamertje
- Balletje aan touwtje

Uitvoering:

1. Sla stemvork aan
2. Hou het balletje stil tegen de stemvork.

Vragen:



Vraag 1:
Wat gebeurt er met het balletje?

- ❑ Niks
- ✖ Het balletje gaat een aantal keer heen en weer.
- ❑ Het balletje gaat één keer heen en weer.

[5]

BESLUIT:

Geluid ontstaat door een **trilling.**

Zo'n trillend voorwerp noemen we een **geluidsbron.**

Besluit voor de klankkast

Als we het geluid van onze gsm willen versterken, moeten we een klankkast bouwen die gaat mee **trillen** met het geluid van de ingebouwde luidspreker.

[5] https://workbench.imuscica.eu/dev/?lesson=https://www.steamdidactiek.be/NL_SC1L1.clmc

2.2.1.2 De trillende klankkast
Wat is de invloed van de grootte van het trillingsoppervlak van de klankkast op het geluid?

We hebben in het begin van onze bundel ontdekt dat we door een aangeslagen stemvork op de tafel te plaatsen, het geluid van de stemvork **LUIDER**/ZACHTER wordt.
Zou de grootte van het trillingsoppervlak van de klankkast een invloed hebben op de versterking van het geluid?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met het geluid als je een groter trillingsoppervlak hebt?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

Benodigdheden:

- Plaat van Chladni
- Functiegenerator

Uitvoering:

1. Zet de functiegenerator aan en zet deze op 500 Hz.
2. Neem de functiegenerator in je hand.
3. Luister goed naar wat je hoort.
4. Monteer nu de plaat op de functiegenerator.
5. Neem de functiegenerator in je hand.
6. Luister opnieuw goed naar wat je hoort.

Vragen:

vraag 1:
Vergelijk het geluid van de functiegenerator met en zonder plaat. Wat is het verschil?

Het geluid met plaat is luider.

vraag 2:
Hoe denk je dat dit komt?

De plaat zorgt voor een groter trillingsoppervlak waardoor het geluid beter wordt versterkt en dus luider is.

Besluit voor de klankkast

Als we het geluid van onze gsm willen versterken, moeten we een klankkast bouwen die een **GROOT** / KLEIN trillingsoppervlak heeft.

2.2.2 Geluidsbron bij muziekinstrumenten

Wat trilt er bij muziekinstrumenten?

We verkennen een groot aantal muziekinstrumenten en groeperen deze volgens wat er precies trilt.

Toonvorming = De manier waarop instrumenten toon voortbrengen.

'The Pianoguys' zijn creatieve muzikanten. Ze laten zien op welke verschillende manieren je de piano kan bespelen. Scan de QR-code, bekijk aandachtig het filmpje en noteer wat er trilt en de vier verschillende speelwijzen (manieren waarop ze de onderdelen van de piano laten trillen).

https://youtu.be/0VqTwnAuHws

Noteer wat The Pianoguys aan het trillen brengen.

Snaren, klankkast van de piano, klavierklep

EXTRA: stembanden (zingen)

Noteer de 4 verschillende speelwijzen (= de manier waarop ze het materiaal laten trillen).

1. Op de snaren tokkelen of slaan

2. Op de klankkast kloppen

3. Strijken met de haren van een strijkstok

4. 'Gewoon' piano spelen (pianotoetsen)

Theorie[6]:

Muziekinstrumenten kun je op verschillende manieren indelen, bijvoorbeeld volgens:

- het materiaal waaruit ze gemaakt zijn.
- het werelddeel waar ze vandaan komen.
- hun plaats in een orkest.
- wat de muzikanten aan het trillen brengen.

Wij kiezen voor de laatste manier.

[6] Aerts, R., Appermont, B., Debaillie, A., Gevers, S., & Vanesser, J. (2017). Soundscape 1 - ed. 2017 leerwerkboek (5de editie). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.

We verkennen kort vier instrumentgroepen.

1. **Trillende snaar of chordofoon**
   Chordo (koord) betekent snaar, foon betekent klinken. Meestal wordt de snaar over een **klankkast** gespannen.

2. **Trillende lucht of aerofoon**
   Aerofonen zijn blaasinstrumenten die geluid maken door de **lucht** die trilt in een buis.

3. **Trillend voorwerp of idiofoon**
   Idiofonen zijn instrumenten die in hun geheel trillen, bv. **triangel, claves …**
   De toonvorming bij idiofonen kan erg verschillen.

4. **Trillend vel of membranofoon**
   Membranofonen zijn instrumenten waarbij het geluid wordt voortgebracht door een **opgespannen en trillend vel**.

BESLUIT:

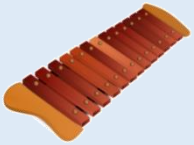
Geluid ontstaat door trilling, ook bij muziekinstrumenten is dit het geval.
Vier mogelijkheden van toonvorming:

1. Trillende snaar = Chordofoon → Voorbeeld: **gitaar, ukelele, harp …**
2. Trillende lucht = Aerofoon → Voorbeeld: **blokfluit, panfluit …**
3. Trillend voorwerp = Idiofoon → Voorbeeld: **triangel, claves, xylofoon …**
4. Trillend vel = Membranofoon → Voorbeeld: **djembé, conga, drum …**

Opdrachten

Opdracht 1:

- **Benoem onderstaande instrumenten.**
- **Wat trilt er (en is dus de bron van het geluid)? Duid het juiste antwoord aan.**
- **Duid ook aan tot welke groep het instrument behoort.**

Instrument	Trillingsbron	Groep
[7] Gitaar	❑ Lucht ❑ Vel/membraan ✖ Snaar ❑ Lichaam	❑ Aerofoon ❑ Membranofoon ✖ Chordofoon ❑ Idiofoon
Drum	❑ Lucht ✖ Vel/membraan ❑ Snaar ❑ Lichaam	❑ Aerofoon ✖ Membranofoon ❑ Chordofoon ❑ Idiofoon
 Xylofoon	❑ Lucht ❑ Vel/membraan ❑ Snaar ✖ Lichaam	❑ Aerofoon ❑ Membranofoon ❑ Chordofoon ✖ Idiofoon
Klarinet	✖ Lucht ❑ Vel/membraan ❑ Snaar ❑ Lichaam	✖ Aerofoon ❑ Membranofoon ❑ Chordofoon ❑ Idiofoon
Piano	❑ Lucht ❑ Vel/membraan ✖ Snaar ❑ Lichaam	❑ Aerofoon ❑ Membranofoon ✖ Chordofoon ❑ Idiofoon

[7] https://workbench.imuscica.eu/

Opdracht 2:	In onderstaande filmpjes zie je nog meer creatieve muzikanten aan het werk. Vul onderstaande tabel verder aan. - Wat brengen de muzikanten precies aan het trillen? Welk materiaal gebruiken de muzikanten? - Welke speelwijze hanteren ze? Hoe brengen ze het materiaal aan het trillen: slaan, strijken, breken, …

Beeldfragment	Wat brengen ze aan het trillen?	Speelwijze: hoe?
https://youtu.be/kKrx1gWI_Vk	Groenten → Verdere specificatie (extra): prei - selder - pompoen - kalebas - knolselder (hol) - wortel - zakje met bonen	Slaan Strijken / wrijven Blazen
https://youtu.be/en0p1Y35p3w	Ijs	Slaan Breken Schuiven (na het laten vallen)
https://youtu.be/1uQAelWmuaw	Steen EXTRA: opgespannen vel (grote trom)	Slaan Slaan

Opdracht 3:	**EXTRA** **Sluit jullie ogen en maak het rustig. Als je graag je hoofd op de bank legt, is dat toegestaan.** - **Zodra iedereen zijn ogen heeft gesloten en het stil is, speelt de leerkracht een luisterfragment af (https://youtu.be/29qaN0M0o0s).** - **Wat hoor je? Welk gevoel wekt dit bij jullie op?**

Eigen interpretatie:

Luister aandachtig naar het fragment.
→ Wat hoor je?
→ Welk gevoel wekt dit bij jullie op?

Beantwoord bovenstaande vragen in het kadertje hiernaast. Kies zelf hoe je deze vragen wil beantwoorden (tekst, tekening - schets, kleuren, schema...)

[8]

Persoonlijk antwoord van de leerling

Aan de slag:

Wat gaan we nabootsen?

Onweer / storm

We bekijken het filmpje klassikaal. (https://youtu.be/29qaN0M0o0s)
Noteer de verschillende stappen in de juiste volgorde:

1. **In je handen wrijven**
2. **Knippen met je vingers**
3. **Op je benen slaan**
4. **Springen (HOOGTEPUNT)**
5. **Op je benen slaan**
6. **Knippen met je vingers**
7. **In je handen wrijven**

[8] https://www.cvision.nl/index.php/2018/08/21/nederland-luistert-maand/

2.2.3 Synthesemoment

Wat is geluid en hoe ontstaat het?

Geluid ontstaat door een trilling van een voorwerp.

Zo'n trillend voorwerp is een **geluidsbron**.

Toonvorming = De manier waarop instrumenten toon voortbrengen.
→ TRILLEN

Trillende snaar / chordofoon	→ Voorbeeld: Gitaar, ukelele, viool, harp, …
Trillende lucht / aerofoon	→ Voorbeeld: Blokfluit, panfluit, trompet, …
Trillend voorwerp / idiofoon	→ Voorbeeld: Xylofoon, claves, triangel, …
Trillend vel / membranofoon	→ Voorbeeld: Djembé, conga, trommel, …

LESDOELEN	
❑	**Ik kan toelichten wat een geluidsbron is.**
❑	**Ik kan toelichten hoe geluid ontstaat.**
❑	**Ik kan verschillende instrumenten volgens de juiste groep classificeren.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

Redelijk duidelijk

Duidelijk

2.3 Onderzoeksvraag 2: Wat is toonhoogte en frequentie?

In het begin van de cursus ontdekten we dat we het schelle geluid uit de luidspreker van onze gsm konden verhelpen door gebruik te maken van een externe luidspreker.
Wat is het verschil? Hoe komt het juist dat er een verschil is?
Laten we eens de twee luidsprekers met elkaar vergelijken.

Om deze twee met elkaar te vergelijken, maken we gebruik van een speakersystem test. Je vindt tal van deze testen op YouTube. Met behulp van deze test kan je de kwaliteit van je speaker bepalen.

2.3.1 Telefoonspeaker vs externe speaker

Geeft de telefoonspeaker of externe speaker de mooiste klanken?

<u>Demo experiment:</u>

Onderzoeksvraag:

Wat gebeurt er als je muziek luistert wanneer het stil is of er achtergrondgeluid is?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

Benodigdheden:

- Telefoon/tablet
- Speaker

Uitvoering:

1. Neem je smartphone en zet je favoriete liedje op.
2. Zet het volume maximaal.
3. Hou het stil en luister naar het liedje.
4. Begin nu met de hele klas te praten.
5. Herhaal stap 1 – 4 met behulp van een externe speaker.

Vragen:

Vraag 1:

Kun je het liedje nog goed horen als iedereen stil is?

Gsmspeaker: **JA**/NEE

Externe speaker: **JA**/NEE

Vraag 2:

Kun je het liedje nog goed horen als iedereen praat?

Gsmspeaker: JA/**NEE**

Externe speaker: **JA**/NEE

Vraag 3:

Zijn de klanken vervormd?

Gsmspeaker: **JA**/NEE

Externe speaker: JA/**NEE**

BESLUIT:

Als je muziek beluistert via je smartphone, hoor je **SCHEL** / VOL klinkende klanken, die NIET/WEL mooi afgerond zijn. Met behulp van een **externe** speaker kan dit worden opgelost.

Dit heeft te maken met frequenties van het geluid die niet doorkomen bij de speaker van de gsm.

2.3.2 Frequentie

Waar komt het verschil in toonhoogte vandaan?

Vanwaar komt dat verschil is toonhoogte?
Om dit te onderzoeken, voeren we vandaag een aantal metingen uit. Vooraleer we hiermee verder gaan, is het belangrijk dat we het verschil tussen grootheid en eenheid goed begrijpen.

2.3.2.1 Grootheden en eenheden

Wat zijn grootheden en eenheden?

grootheid

Een **grootheid** kunnen we meten of kunnen uit metingen berekend worden.
Het is onmogelijk om de mooiheid van een standbeeld te meten. Maar de lengte, breedte, temperatuur en massa van het standbeeld bepalen, is wel mogelijk. Dit zijn grootheden.

Er zijn zeven **basisgrootheden**. In deze bundel behandelen we slechts drie basisgrootheden:

1. Lengte
2. Massa
3. Tijd

Daarnaast kunnen er ook grootheden worden afgeleid uit de basisgrootheden. Deze noemen we de **afgeleide grootheden**.
Zo wordt de grootheid “volume” berekend door de basisgrootheid “lengte” driemaal met elkaar te vermenigvuldigen.
Voorbeelden van afgeleide grootheden zijn:

1. Snelheid
2. Oppervlakte

eenheid

Een **eenheid** gebruiken we om grootheden te beschrijven.
Als we de hoogte van het miniatuur standbeeld meten, dan kan je dit meten met behulp van een meetlat met millimeterverdeling. Je kijkt dan hoeveel keer 1 millimeter past in de hoogte van het standbeeld.

basiseenheid = de eenheid van een basisgrootheid
afgeleide eenheid = de eenheid van een afgeleide grootheid

symbolen van grootheden en eenheden

Eenheden en grootheden kunnen worden voorgesteld met symbolen. Deze symbolen zijn universeel afgesproken.

Basis grootheid	Symbool	Mogelijke basiseenheid	Symbool
Lengte	l	meter kilometer centimeter …	m km cm …
Massa	m	kilogram gram …	kg g …
Tijd	t	seconde uur …	s h …

Afgeleide grootheid	Symbool	Mogelijke basiseenheid	Symbool
Oppervlakte	A	vierkante meter vierkante kilometer vierkante centimeter …	m^2 km^2 cm^2 …
Volume	V	kubieke meter kubieke kilometer kubieke centimeter …	m^3 km^3 cm^3 …
Snelheid	v	meter per seconde kilometer per uur …	m/s km/h …

BESLUIT:

Een **grootheid** kunnen we meten of kunnen uit metingen berekend worden.
Een **eenheid** gebruiken we om grootheden te beschrijven.

Opdrachten

Oefening 1: **Is een panda een grootheid? Waarom wel of niet?**

[9]

Neen, je kan een panda niet meten of uit metingen berekenen.

Oefening 2: **Vul de grootheden in.**

1. Je staat op de weegschaal; je meet een

   massa

2. Je mag voor het milieu maximaal 15 minuten onder de douche staan; je meet een

   tijd

3. Je vult een fles met 2 liter water; je meet een

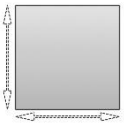
   volume

4. Je wilt weten hoe ver je moet lopen naar de winkel; je meet een

   afstand

[9] https://www.wwf.nl/dieren/panda

Oefening 3: Vul de tabellen aan.

	grootheid	Symbool	Mogelijke eenheid	Symbool
10	lengte	l	meter kilometer centimeter ...	m km cm ...
11	massa	m	kilogram gram ...	kg g ...
12	tijd	t	seconde uur ...	s h ...
 13	oppervlakte	A	vierkante meter ...	m^2 ...
14	snelheid	v	meter per seconde kilometer per uur ...	m/s km/h ...

[10] https://www.klascement.net/downloadable-resources/98165/data-sheets-for-a-measuring-circuit/?previous

[11] https://www.klascement.net/downloadable-resources/105688/mass-density-virtual-practical/

[12] https://pixabay.com/nl/vectors/klok-tijd-uur-minuut-wandklok-295201/

[13] https://maatmeten.nl/oppervlakte-vierkant-berekenen/

[14] https://pixabay.com/nl/vectors/snelheidsmeter-toerenteller-snelheid-148960/

2.3.2.2 Verbanden tussen grootheden

Welke verbanden tussen grootheden bestaat er?

Een verband tussen twee grootheden kan worden weergegeven met behulp van:

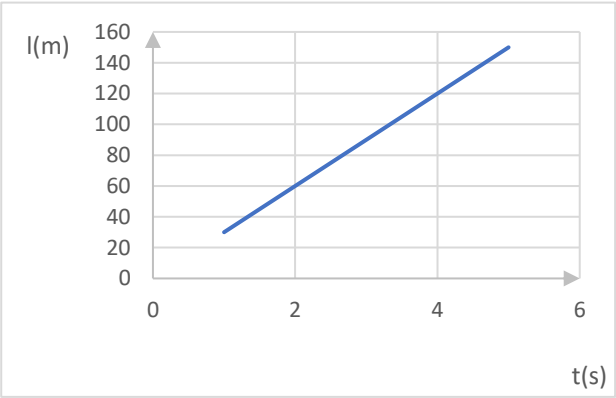
- **Tabel**
- **Grafiek**
- **Formule**

Recht evenredig

Voorbeeld: Een auto rijdt 100 km per uur.

Opdracht 1: **Vul de tabel verder aan en teken de grafiek.**

$t\ (h)$	$l\ (km)$	$\frac{l}{t}$
0	**0**	**/**
1	**100**	**100**
2	**200**	**100**
3	**300**	**100**
4	**400**	**100**



Het verband tussen de tijd en de afstand is een **recht evenredig verband**.
Als de tijd verdubbeld, zal de afstand ook **verdubbelen**.
De roosterpunten bepalen een rechte door de oorsprong.

Het quotiënt van de overeenkomstige maatgetallen is steeds VERSCHILLEND / **HETZELFDE**.

In formule:

- Woordformule: de afstand die de wagen aflegt is gelijk aan 100 keer het aantal verstreken minuten.
- Letterformule: $l = 100 \cdot t$

BESLUIT:

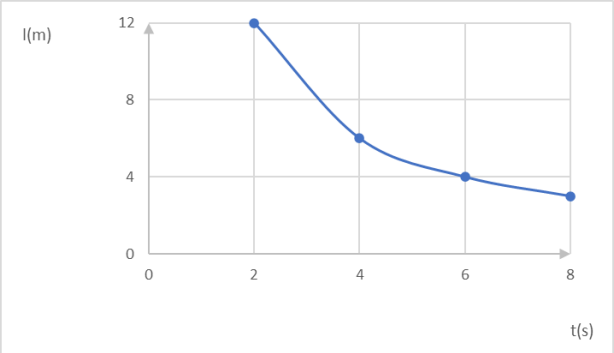
Twee grootheden zijn recht evenredig als en slechts als het quotiënt van hun overeenkomstige maatgetallen constant is.

Omgekeerd evenredig

Voorbeeld: Als een rechthoekig tafelblad een oppervlakte van 24 m² heeft, kunnen lengte en breedte variëren.

Opdracht 1: **Vul de tabel verder aan en teken de grafiek.**

$b\ (m)$	$l\ (m)$	$l \cdot b$
2	**12**	**24**
4	**6**	**24**
6	**4**	**24**
8	**3**	**24**



Het verband tussen de lengte en breedte is een **omgekeerd evenredig verband**.
Als breedte verdubbeld, dan zal de lengte **halveren**.

Het product van de overeenkomstige maatgetallen is steeds VERSCHILLEND / **HETZELFDE**.

In formule:

- Woordformule: de lengte van de rechthoek is gelijk aan het quotiënt van de oppervlakte en de breedte
- Letterformule: $l = \frac{24}{b}$

BESLUIT:

Twee grootheden zijn omgekeerd evenredig als en slechts als product van hun overeenkomstige maatgetallen constant is.

Opdrachten

Oefening 1: **Drukken de volgende formules een recht evenredig of omgekeerd evenredig verband uit?**

1. $a \cdot b = 380$

   ☐ Recht evenredig
   ✖ Omgekeerd evenredig

2. $y = 0{,}5x$

   ✖ Recht evenredig
   ☐ Omgekeerd evenredig

3. $\mathrm{v} = \frac{2450}{t}$

   ☐ Recht evenredig
   ✖ Omgekeerd evenredig

Oefening 2: **Lara heeft tijdens de zomer een vakantiejob. Als zij 3 uur werkt, verdient zij € 30.**

a) Vul de tabel aan.

Tijd in uur	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Bedrag in €	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**

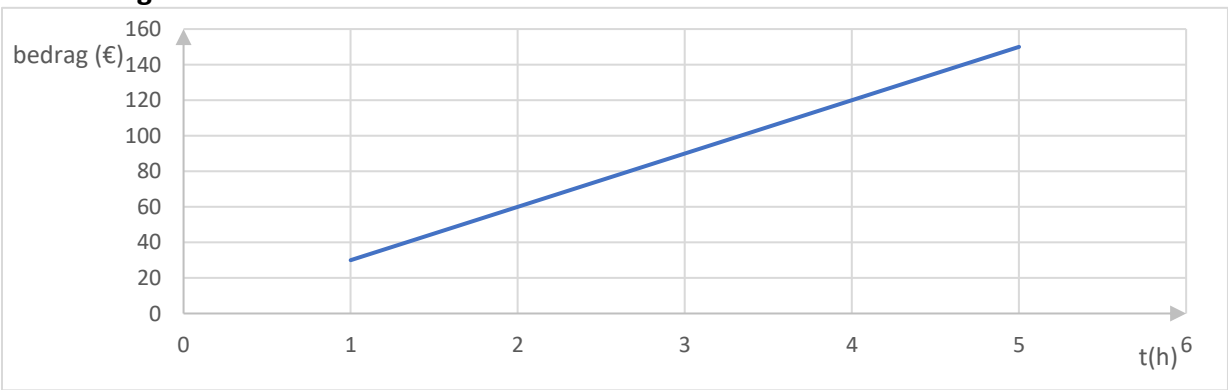
b) Stel de formule op.

$bedrag = 30 \cdot t$

c) Hoeveel verdient Lara als zij een dag van 6 uur werkt?

$\boldsymbol{bedrag = 30 \cdot 6 = 180}$

d) Maak een grafiek.



2.3.2.2 Toonhoogte

Wat zijn lage en hoge tonen?

Je hebt vast wel eens een hoge en een lage toon gehoord.

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is toonhoogte?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

Benodigdheden:

- Keyboard

Uitvoering:

1. Druk op de uiterst rechtse toets.
2. Druk vervolgens op de uiterst linkse toets.
3. Vergelijk beide klanken.

Vragen:

Vraag 1:
Wat stel je vast?

- De klank die we horen als we de uiterst rechtse toets aanslaan, is een HOGE/LAGE toon.
- De klank die we horen als we de uiterst linkse toets aanslaan, is een HOGE/LAGE toon.

Opdracht 1:	**Geef een aantal voorbeelden waar een duidelijk toonhoogteverschil is.**

Mannen- en vrouwenstem, kinder- en puberstem

2.3.2.3	**Het verschil in hoge en lage tonen** Wat is het verschil in hoge en lage tonen?

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is het verschil in hoge en lage tonen?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling
_____

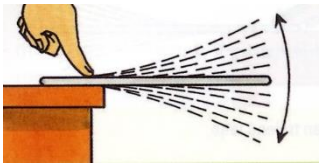
Benodigdheden:

- Lat

Uitvoering:

1. Laat een lange plastic lat trillen.
2. Luister naar de hoogte van de toon.
3. Observeer ook de snelheid waarmee de lat trilt.
4. Laat vervolgens een korte plastic lat trillen.
5. Luister opnieuw naar de toonhoogte.
6. Observeer ook de snelheid waarmee de lat trilt.

Vragen:


15

Vraag 1:

Wat gebeurt er met de toon als je de lat langer maakt?
De toon wordt HOGER/**LAGER**.

Vraag 2:
Wat gebeurt er met de snelheid als je de lat langer maakt?

De snelheid wordt HOGER/**LAGER**.
Dus er zijn VEEL / **WEINIG** trillingen per seconde.

BESLUIT:

- De hoge toon ontstaat door een **SNELLE**/TRAGE trilling.
- De lage toon ontstaat door een SNELLE/**TRAGE** trilling.

[15] https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/1653758

2.3.2.4 Het begrip frequentie

Wat is frequentie?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is frequentie?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

1. Functiegenerator + triller
2. Plaat van Chladni

Uitvoering:

3. Monteer de plaat op de functiegenerator.
4. Plaats de functiegenerator op de tafel.
5. Zorg dat de knop amplitude op 0 staat.
6. Zet de functiegenerator aan en zet deze op 1 Hz. Draai hierbij ook aan de amplitude knop.
7. We drijven de frequentiewaarde op naar 2 Hz.

Vragen:

Vraag 1:
Wat stel je vast?
Wanneer we de frequentiewaarde opdrijven, trilt de plaat **SNELLER** / TRAGER.
De frequentie of het aantal trillingen per seconde van de 2e trilling is
GELIJK AAN/**DUBBEL ZO GROOT ALS** de eerste.

Aan elke toon kunnen we een toonhoogte toekennen.
De toonhoogte of frequentie is het aantal trillingen per seconde.
Met andere woorden: Frequentie is de grootheid voor een herhalende gebeurtenis.
De eenheid van frequentie is het aantal keer per seconde of de Hertz.

Opdracht 1: **Vul onderstaande tabel verder aan.**

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Frequentie	**f**	**Hz**	**Hertz**

BESLUIT:

Aan elke toon kunnen we een **frequentie** toekennen.

De frequentie is het **aantal trillingen per seconde** en wordt uitgedrukt in Hertz (**Hz**).

1 Hz = **1 trilling per seconde.**

Tip: frequentie is afgeleid van het woord frequent. Als iets frequent gebeurt, wilt dit zeggen dat dit vaak voorkomt en zich herhaalt.

Opdrachten

Oefening 1: **Vul onderstaande zinnen in.**

1. Indien we een La spelen op de gitaar, trilt de snaar 440 keer per seconde. De snaar trilt dan aan **400 Hz**.
2. Alex speelt een toon van 500 Hz. Lara een toon van 1100 Hz. De toon van Lara is **hoger** dan die van Alex.

Oefening 2: **Beantwoord volgende vraag.**

16

Voor de uitvinding van de CD-speler werd muziek voortgebracht met behulp van een grammofoon. Dit apparaat wordt gebruikt om grammofoonplaten mee af te spelen. Deze plaat kan je vergelijken met een platte schijf die aan beide kanten een spiraalvormige groef bevat. De naald van de grammofoon tast deze groef af waardoor oneffenheden, ook wel geluidsinformatie, hoorbaar worden.

Door het ronddraaien van de plaat begint de naald te trillen.

De snelheid waarmee de plaat ronddraait is ontzettend belangrijk. Dit wil zeggen dat het toerental van een grammofoonplaat constant is.

Wat gebeurt er met de toon als de grammofoonplaat te snel ronddraait? Waarom is dit volgens jou het geval?

Doordat de plaat sneller draait, gaat de naald sneller trillen (=meer trillingen per seconde). De toon zal daardoor hoger klinken.

[16] https://www.amazon.in/Gramophone-Working-Phonograph-Antique-showpiece/dp/B084QDB4XP

	Frequentie meten
2.3.2.5	Hoe meten we de frequentie van een trillend voorwerp? Wat is de frequentie van een hoge en lage toon?

We weten nu wat frequentie is.
Hoeveel bedraagt de frequentie van een trillend voorwerp?
Kunnen we nu de toonhoogte van een toon meten?

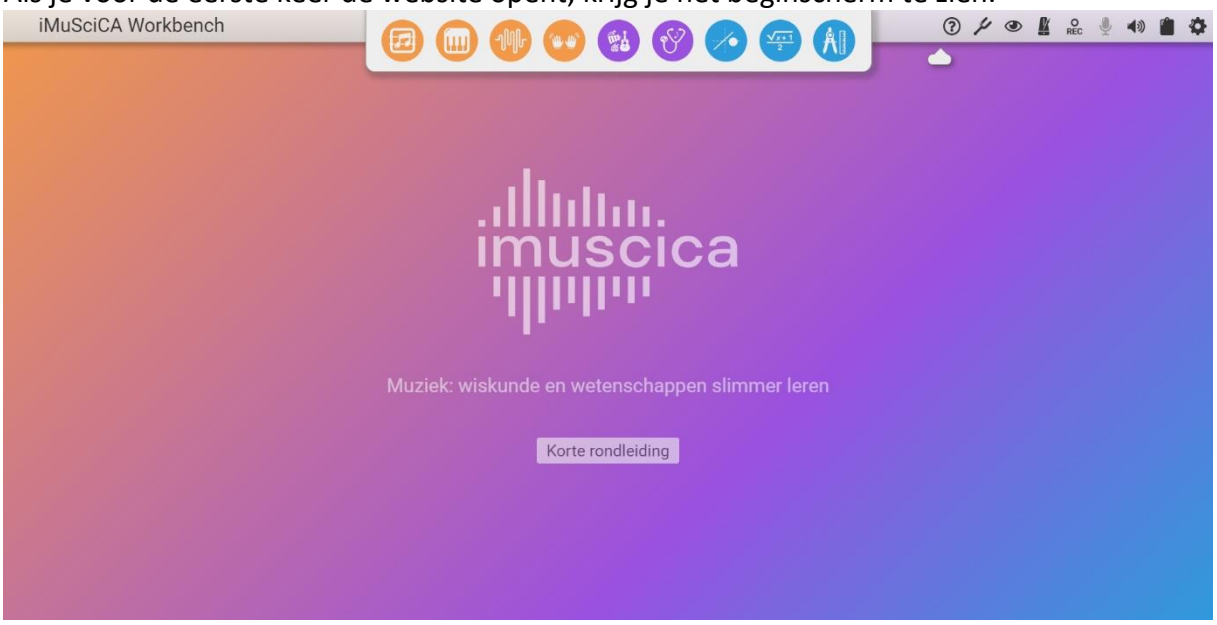
Voordat we een frequenties gaan meten, gaan we eerst kennismaken met het meetplatform IMuSciCa.

Gebruik IMuscica

Interactive Music Science Collaborative Activities of kortweg IMuSciCa bekijkt fenomenen binnen muziek. De iMuSciCA workbench laat toe om de wereld van de muziek te onderzoeken. Zo kan je onder andere frequenties van tonen meten.

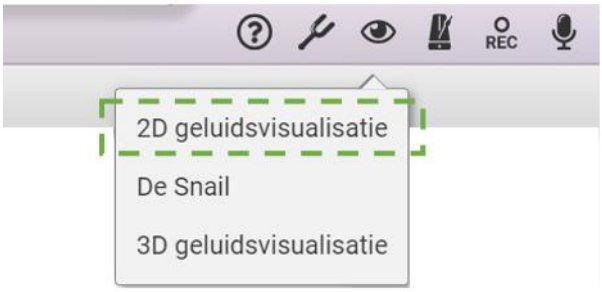
Om de workbench te bezoeken, kan je de QR-code scannen of naar de volgende website gaan:
https://workbench.imuscica.eu

Als je voor de eerste keer de website opent, krijg je het beginscherm te zien.



Helemaal bovenaan rechts zie je een aantal icoontjes staan.

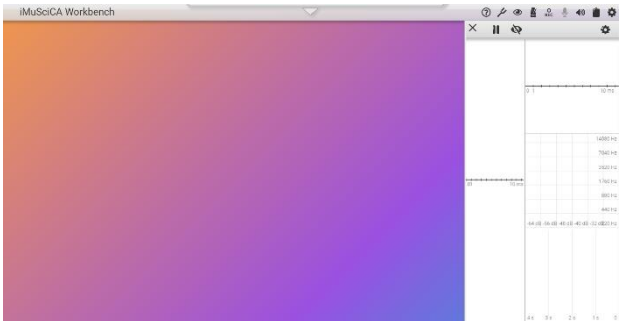
Klik op het oog icoontje rechts bovenaan.



Als je op het oogje klikt, krijg je drie opties:

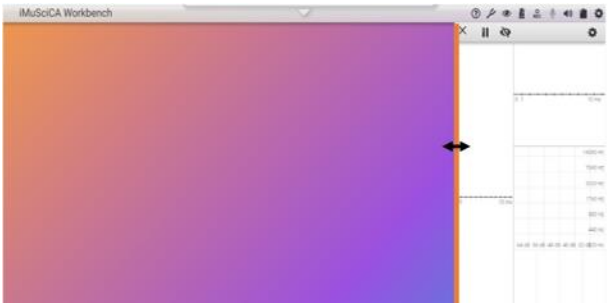
1. 2D geluidsvisualisatie
2. De Snail
3. 3D geluidsvisualisatie

Om frequenties te meten, maken we gebruik van de 2D geluidsvisualisatie.

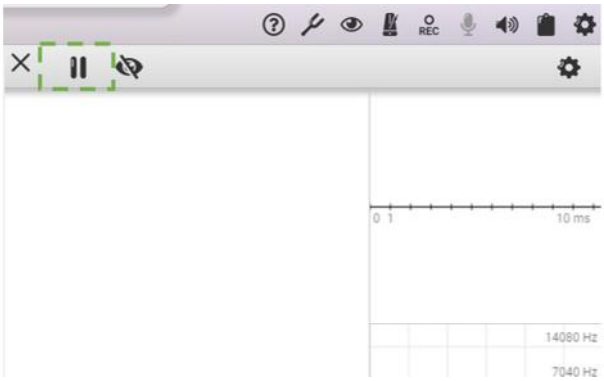


Aan de rechterkant zie je een apart scherm verschijnen. In dit scherm zie je aan de rechterkant 3 grafieken staan.
Links zie je één van deze grafieken vergroot staan. Door aan de rechterkant te klikken op de gewenste grafiek, komt deze vergroot aan de linkerkant te staan.

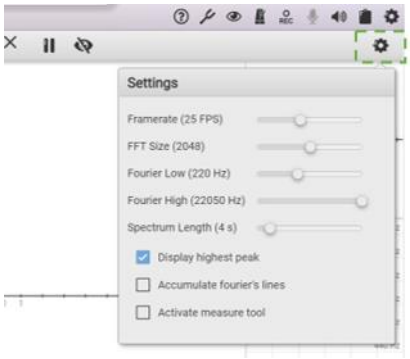
Om frequenties te meten, maken we gebruik van de middelste grafiek.



Door op de aangeduide lijn te klikken, kan je de grafieken vergroten of verkleinen.



Speel nu de toon waar je de frequentie van wil meten. Met behulp van de pauzeknop kan je uw meting pauzeren en de frequentie aflezen.



Inzien je meting niet zichtbaar is in de grafiek, kan je met behulp van het aangeduide tandwiel de assen aanpassen.

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is de frequentie van een hoge en lage toon?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

Benodigdheden:

- Ipad/laptop met microfoon
- Instrument bv. keyboard

Uitvoering:

1. Ga naar de volgende website: https://workbench.imuscica.eu

SCAN ME

2. Open de applet om frequenties te meten.
3. Neem een willekeurig instrument en speel er een hoge en een lage toon op.
4. Meet de frequenties.

Vragen:

Vraag 1:
Wat stel je vast? (omcirkel het juiste antwoord)

- Een lage toon heeft een HOGE/**LAGE** frequentie.
- Een hoge toon heeft een **HOGE**/LAGE frequentie

BESLUIT:

- De hoge toon heeft een **HOGE**/LAGE frequentie.
- De lage toon heeft een HOGE/**LAGE** frequentie.

Opdrachten

Oefening 1: **Vul in.**

Tijdens de pubertijd verandert de toonhoogte van de stem van een jongen.
De frequentie van de stem wordt **lager**.

2.3.3 Frequentiebereik van de speaker

Welke frequenties geeft onze ingebouwde luidspreker niet door?
Geeft een luidspreker van een gsm vooral hoge of lage tonen door?

Opdracht 1: **Onderzoek de frequenties die een gsmluidspreker en externe luidspreker doorgeven.**

Neem een gsm en een externe speaker.
Ga per twee zitten volg de stappen.

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.luxdelux.frequencygenerator&hl=nl&gl=US

1. Download de app 'Frequency Sound Generator'.
2. Zet het volume van je gsm op het maximum.
3. Laat de frequentie variëren. Noteer vanaf welke frequentie je iets hoort en wanneer je niets meer hoort.
4. Koppel nu een externe luidspreker aan je gsm.
5. Herhaal stap 2 en 3.

Vul in. **antwoord hangt af van merk luidspreker**

- Bij de luidspreker van de gsm horen we van _____ tot _____.
- Bij de externe luidspreker horen we van _____ tot _____.

BESLUIT:

- Bij een ingebouwde luidspreker zijn vooral de LAGE/**HOGE** tonen hoorbaar.
- Bij een externe luidspreker zijn vooral de **LAGE**/HOGE tonen hoorbaar.

Besluit voor de klankkast

Als we het geluid van onze gsm willen versterken, moeten we een klankkast bouwen die vooral de **lage** tonen gaat versterken.

2.3.4 Het gehoorspectrum van de mens

Welke frequenties neemt het menselijk gehoor waar?

Uit voorgaande experimenten kunnen we afleiden welke frequenties er geproduceerd worden door bepaalde instrumenten en welke van deze frequenties niet goed hoorbaar zijn bij de versterking van een gsmluidspreker. Het is dus belangrijk dat we deze minder aanwezige tonen versterken. Zoals in vorig hoofdstuk reeds besproken werd, zullen we vooral de lagere tonen moeten versterken.

Verder is het ook belangrijk dat we rekening houden met het gehoorspectrum van de mens. Het menselijk oor neemt geluiden waar met frequenties tussen de **16 Hz en de 20 000 Hz**. Die waaier van frequenties noemen we het gehoorspectrum. Aangezien de gehoorgrenzen verschillen van persoon tot persoon doen we hieronder de test en stellen we bovenstaand 'theoretisch gehoorbereik' in vraag.

Demo experiment / leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Welke frequenties neemt het menselijk gehoor waar?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

Benodigdheden:

- Plaat van Chladni
- Functiegenerator

17

Uitvoering:

1. Monteer de plaat op de functiegenerator.
2. Plaats de functiegenerator op de tafel.
3. Zorg dat de knop amplitude op 0 staat.
4. Zet de functiegenerator aan en zet deze op 10 Hz. Draai hierbij ook aan de amplitude knop.
5. Noteer of je deze frequentiewaarde kan waarnemen.
6. We drijven de frequentiewaarde op.
   ! Let hierbij op dat je de amplitude terug laat dalen !
7. Noteer in de tabel of je de frequenties kan waarnemen.

18

[17] https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/113453/30-000-Zeeuwen-horen-lage-bromtonen

[18] https://www.mlsystems.it/prodotto/kit-esperienze-sulle-vibrazioni-chladni/

Tabel: **Persoonlijk antwoord van de leerling**

[19]

Frequentie (Hz)	Kan je deze waarde waarnemen?	Situeer de infratonen en de ultratonen (opdracht p. 39)
10	Ja / Nee	**Infratonen**
16	Ja / Nee	
30	Ja / Nee	
40	Ja / Nee	
50	Ja / Nee	
100	Ja / Nee	
500	Ja / Nee	
1000	Ja / Nee	
10 000	Ja / Nee	
15 000	Ja / Nee	
17 000	Ja / Nee	
18 000	Ja / Nee	
19 000	Ja / Nee	
20 000	Ja / Nee	
21 000	Ja / Nee	**Ultratonen**

Wat kan je hieruit besluiten?

Niet iedereen neemt dezelfde frequenties waar.

Ik neem geluiden waar met frequenties tussen _____ Hz en _____ Hz.

[19] http://www.horenzienenleven.nl/5-weetjes-oren/

Alternatief voor bovenstaand demo experiment:

https://youtu.be/H-iCZElJ8m0	We bekijken volgend filmpje klassikaal. - Steek je hand in de lucht zodra je een toon kan waarnemen. - Wanneer je niks meer hoort, doe je jouw hand naar beneden. !!! Houd het muisstil !!! Noteer hieronder jouw gehoorgrenzen: **Persoonlijk antwoord** Laagst waargenomen toon: _____ Hz Hoogst waargenomen toon: _____ Hz

[20]

Opmerking: Indien je dit experiment thuis uitvoert, is het belangrijk dat je gebruik maakt van een hoofdtelefoon.

Opdracht 1:	**EXTRA** **Maak de volgende opdracht.**

Het gehoorspectrum verkleint bij het ouder worden. De bovenste gehoorgrens van 20 000 Hz vermindert langzaam aan, tot ze bij een 80-jarige nog 5000 Hz bedraagt. Dat betekent dat vooral voor geluiden met hoge frequentie de geluidssterkte moet toenemen om het geluid nog te horen. Tegen oudere personen moet je dus luider spreken.

Om te analyseren of bovenstaande informatie correct is, voer je voorgaand experiment een aantal keer uit met personen in je nabije omgeving. Vraag aan jouw mama of papa, grootouders, leerkracht, sympathieke buurman of hij/zij jou wil helpen voor je verdere analyse.

[20] https://www.freepik.com/premium-vector/sketch-headphones-monochrome_4133983.htm

A. Vul de gegevens aan in onderstaande tabel. **Persoonlijk antwoord van de leerling**

Wie?	Leeftijd	Onderste gehoorgrens	Bovenste gehoorgrens

B. Wat heb je ondervonden?

Uit onderzoek blijkt dat het gehoorspectrum verkleint bij het ouder worden.

Opdracht 2:

EXTRA

Hoor je 'Yanny' of 'Laurel'? Doe hieronder de test.

Scan de QR-code en bekijk het filmpje.

Ik hoor: **Persoonlijk antwoord**

- ❑ Yanny
- ❑ Laurel

[21]

Link website: https://www.doof.nl/opmerkelijk/wat-hoor-jij-yanny-of-laurel/

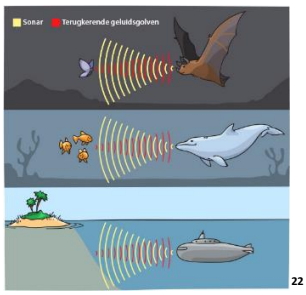
[21] https://www.youtube.com/watch?v=yDiXQl7grPQ

2.3.5 Is het gehoorspectrum van dieren gelijk aan dat van de mens?

Welke frequenties neemt het dierlijk gehoor waar?

Geluiden met een frequentie hoger dan 20 000 Hz kunnen we niet horen. We spreken dan van **ultrageluiden**. Het gepiep van muizen bijvoorbeeld bereikt frequenties tot 100 000 Hz, ver boven onze gehoorgrens.

Ook vleermuizen maken gebruik van ultratonen. Scan de QR-code, bekijk aandachtig het filmpje en los onderstaande vragen op.

https://youtu.be/-IPD0UqOo90 **DEEL 1: 0:00 – 0:29** **DEEL 2: 1:22 – 2:27**	Een vleermuis is een ~~*vogel*~~ / *zoogdier* (schrap wat niet past). Hoeveel vleermuizensoorten bestaan er (wereldwijd)? **Meer dan 1000 soorten** Hoe kijken vleermuizen? **Ze kijken met hun oren. Ze produceren hele hoge voor ons onhoorbare tonen.** Aan de hand van de **echo's** kunnen ze: → **insecten** opsporen → **obstakels** ontwijken. Hoeveel insecten kan een vleermuis per avond vangen? **3000 insecten per avond** Ze kunnen zelf geen nest maken en zijn afhankelijk van al bestaande kieren en gaten om in weg te kruipen. Hoe kunnen wij de vleermuizen helpen? **Door een vleermuizenkast op te hangen.**  [22]

[22] https://askabiologist.asu.edu/echolocatie

Tonen met een frequentie lager dan 16 Hz horen we ook niet. Dat zijn voor ons **infrageluiden**. Olifanten produceren infrageluid, dat kilometers ver kan doordringen.

Bij Afrikaanse olifanten leven de mannetjes en de vrouwtjes apart. Vaak bevinden ze zich kilometers van elkaar vandaar, maar dankzij het produceren van lage infrageluiden zijn ze in staat om contact met elkaar te maken en informatie uit te wisselen over de paringsbereidheid van het vrouwtje en de conditie van het mannetje. Deze rommelende geluiden produceren mannetjesolifanten met hun slurf. De geluiden die ze produceren hebben een zeer lage frequentie waardoor ze over een grote afstand hoorbaar zijn. Je kan dit vergelijken met de lage bastonen uit je stereo-installatie.

23

<u>Terugblik voorgaand experiment (p.35)</u>

Noteer in de tabel op p.35 waar de ultratonen en de infratonen zich situeren.

Besluit voor de klankkast

Bij het versterken van geluiden is het belangrijk dat we deze waarnemen, om die reden leggen we de focus op tonen binnen het menselijk **gehoorspectrum** dit is van **16** Hz tot **20 000** Hz.

[23] http://www.natuurinformatie.nl/nnm.dossiers/natuurdatabase.nl/i002779.html

2.3.6 Het stembereik van de mens

Welke tonen kunnen we produceren?

Kan onze stem alle tonen reproduceren, die het menselijk gehoorspectrum waarneemt? Daarnet hebben we reeds besproken dat dit niet kan. Welke tonen kunnen we dan wel produceren? Hieronder analyseren en beantwoorden we bovenstaande vraag.

Het **stembereik** is het bereik van toonhoogtes die een menselijke stem kan uitspreken. We kunnen stellen dat dit het bereik is van de laagste tot de hoogste noot die een bepaalde stem kan produceren.

Binnen de context van het zingen, worden de verschillende stemmen geclassificeerd in stemtypen.

Vrouwenstemmen	Volgens stijgende toonhoogte	**Sopraan**
		Mezzosopraan
		Alt
Mannenstemmen		**Tenor**
		Bariton
		Bas

[24]

[24] https://www.schoolplaten.com/kleurplaat-koor-i22789.html

Demo experiment / leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is jouw grondtoon?

Benodigdheden:

- Ipad/laptop met microfoon

Uitvoering:

1. Ga naar de volgende website:
   https://workbench.imuscica.eu

SCAN ME

2. Open de applet om frequenties te meten.
3. Produceer een zo laag mogelijke 'o' klank. Noteer vervolgens de frequentiewaarde van de laagste **piek**.
   Opgelet: De rode lijn is de frequentie die het sterkst aanwezig is. Deze frequentie is daarom dus niet de grondtoon.

   Mijn grondtoon is bij benadering :
   Persoonlijk antwoord van de leerling
   _____Hz

Ook muziekinstrumenten hebben een beperkt bereik. Om die reden gebruikt men verschillende instrumenten om een zo breed mogelijk spectrum op te vullen.

Demo experiment / leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is het frequentiebereik van jouw favoriete liedje grondtoon?

Benodigdheden:

- Ipad/laptop met microfoon

Uitvoering:

1. Ga naar de volgende website:
   https://workbench.imuscica.eu

SCAN ME

2. Open de applet om frequenties te meten.
3. Speel jouw favoriete nummer af en analyseer het frequentiebereik. Indien nodig wijzig je de settings (tandwiel).
   Opgelet: Zoals hierboven reeds werd vermeld, is de rode lijn de frequentie die het sterkst aanwezig is. Voor het bepalen van het frequentiebereik kan je de rode lijn dus verwaarlozen.

   Het frequentiebereik:
   Persoonlijk antwoord van de leerling
   van _____ Hz tot _____ Hz.

Opdracht 1:	**Stel je neemt een nummer op. Welk van onderstaande opties heeft het grootste frequentiebereik?**

a) met een synthesizer die enkel hoge tonen tussen 1000 Hz en 1500 Hz produceert
b) met een contrabas of basgitaar en een sopraanstem
c) met een gitaar en een altstem

BESLUIT: **B**

De grootte van het frequentiebereik is afhankelijk van:

- **De instrumenten**
- **Het stemtype**
- **Effecten en elektronica**

Besluit voor de klankkast

Bij het versterken van geluiden is het belangrijk dat we vooral de frequenties versterken die veel worden gebruikt.

- Kijk vooral naar de sterkste pieken.
- Denk er ook aan dat we het geluid dieper en voller willen maken. (zie onderzoek frequentiebereik ingebouwde speaker)
- Deze waarde ligt tussen **100** & **4000** Hz.
  We kiezen er dus voor om dit bereik te versterken.

2.3.7 Synthesemoment

Wat is toonhoogte en frequentie?

De **toonhoogte** wordt weergegeven door het aantal trillingen per seconde, de **frequentie**. **Hertz** (Hz) is de eenheid van frequentie.

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Frequentie	**f**	**Hertz**	**Hz**

→ Een lage toon heeft een lage frequentie (trage trilling).
→ Een hoge toon heeft een hoge frequentie (snelle trilling).

Het menselijk oor neemt geluiden waar met frequenties tussen de **16 Hz en de 20 000 Hz.** Dit is het 'theoretisch gehoorspectrum'.

Geluiden met een frequentie hoger dan 20 000 Hz = **ultrageluiden / ultratonen**
Geluiden met een frequentie lager dan 16 Hz = **infrageluiden / infratonen**

Binnen de context van het zingen, worden de verschillende stemmen geclassificeerd in stemtypen.
→ Vrouwenstemmen: alt – mezzosopraan – sopraan
→ Mannenstemmen: bas – bariton – tenor

LESDOELEN	
❑	**Ik kan het verschil tussen eenheden en grootheden aankaarten.**
❑	**Ik kan het begrip frequentie verwoorden**
❑	**Ik kan toelichten hoe hoge en lage tonen ontstaan met behulp van het begrip frequentie.**
❑	**Ik kan ultratonen en infratonen situeren ten opzichte van het menselijk gehoorspectrum.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

Redelijk duidelijk

Duidelijk

2.4 Onderzoeksvraag 3: Hoe plant geluid zich voort?

2.4.1 Voortplanting van geluid

Hoe plant geluid zich voort?

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Hoe plant geluid zich voort?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

Benodigdheden:

- Schaal
- Plastic folie
- Stemvork & hamertje
- Rijstkorrels

Uitvoering:

1. Doe het plasticfolie over de schaal.
2. Span het folie goed strak over de schaal door het aan alle kanten een beetje aan te trekken.
3. Strooi de ongekookte rijst of couscous op de gespannen folie.
4. Spreid de korrels goed uit over de folie.
5. Sla de stemvork aan.
6. Breng de klankkast bij de folie.

Vragen:

[25]

Vraag 1:
Waarom gaan de rijstkorrels wel/niet trillen?

De rijstkorrels trillen omdat de trillingen zich voortplanten door de lucht.

[25] https://workbench.imuscica.eu/dev/?lesson=https://www.steamdidactiek.be/NL_SC1L1.clmc

BESLUIT:

Geluid plant zich voort door de **lucht**.

Besluit voor de klankkast

Als we het geluid van onze gsm willen versterken, zullen we ervoor moeten zorgen dat het geluid naar ons oor gericht is.

2.4.2 Een geluidsgolf doorheen een medium

Hoe kan een trilling voortplanten in een middenstof?

We weten dat geluid ontstaat als een trilling en dat die trilling zich voortplant in lucht.
Maar hoe plant die trilling zich voort door deze middenstof.
We onderzoeken hoe een trilling zich kan voortplanten.

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Hoe planten trillingen zich voort in een middelstof?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Rond wijnglas met een voet (van dun glas)
- Water

Uitvoering:

1. Schenk het glas halfvol met water.
2. Doop je wijsvinger van je ene hand in het water.
3. Druk met je andere hand de voet van het glas op de ondergrond.
4. wrijf met je natte wijsvinger rondjes over de rand van het glas.

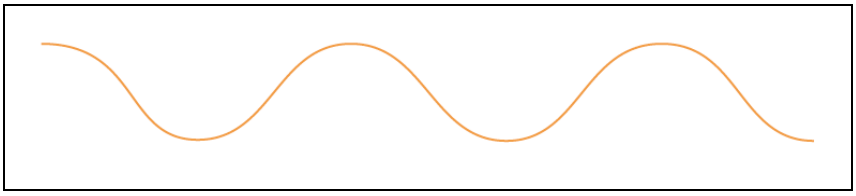
Vragen:

26

Vraag 1:
Wat gebeurt er? Wat zie je ontstaan in het water?

Het glas en het water begint te trillen. Je ziet een golf ontstaan in het water.

Vraag 2:
Teken wat je ziet ontstaan in het water.



Vraag 3:
Hoe denk je dat dit komt?
Door je vinger op de rand van het glas te laten ronddraaien, laat je het wijnglas en het water trillen. Je ziet door deze trillingen golven ontstaan.

[26] https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/move-a-match-with-your-mind/

Je hebt zonet ontdekt dat je een golf krijgt in het water, maar wat is een golf juist?
Laten we dit eens onderzoeken.

Opdracht 1:	**Neem met 2 mensen het touw vast. Zorg dat elk persoon één uiteinde vast heeft.** **Eén iemand beweegt het touw heen en weer. De andere houdt het andere uiteinde stil.**

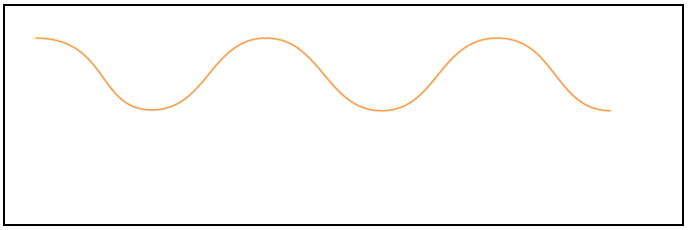
Vragen:

[27]

Vraag 1:
Wat zie je ontstaan?

Een golf

Vraag 2:
Teken deze golf.



Vraag 3:
Wat zal er verplaatsen in de golf ?

- ✖ Trilling
- ❑ Stukken koord
- ❑ Geen van bovenstaande

BESLUIT:
Bij een golf wordt de **trillingen** doorgegeven.

Besluit voor de klankkast

Om het geluid van onze gsm te verbeteren, zullen ze ervoor moeten zorgen dat de klankkast de geluidstrillingen versterkt.

[27] https://workbench.imuscica.eu/dev/?lesson=https://www.steamdidactiek.be/NL_SC1L1.clmc

2.4.3 De voorstelling van de geluidsgolf

Hoe stellen we een geluidsgolf voor?

We zagen daarnet dat geluid zich voortplant als een golf door de lucht. Maar hoe stellen we dit voor? Geluidsgolven zijn niet helemaal zoals watergolven. Geluidsgolven zijn verdichtingen en verdunningen van de lucht. We kunnen die verdichtingen en verdunningen van de lucht niet zien. Daarom proberen we ze ons voor te stellen door iets gelijkaardig te doen.
Kunnen we zelf zo'n verdichtende en verdunnende trilling namaken?
We gaan dit proberen zichtbaar te maken met behulp van een slinky.

AFSPRAAK: tijdens deze proef, spelen we niet met de slinky. Dit voorwerp raakt snel in de war en als je de slinky in de war brengt, moet je na de les blijven om hem te ontwarren. Dit kan uren duren.

<u>Demo experiment / leerlingen experiment :</u>

Onderzoeksvraag:
Hoe planten trillingen zich voort in een middelstof?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

Benodigdheden:

- Slinky

Uitvoering:

1. Leg een slinky horizontaal
2. Rek de slinky uit. Houd beide uiteinden vast.
3. Beweeg één uiteinde heen en weer.

Vragen:

[28]

Vraag 1:
Heb je de trilling kunnen verplaatsen van je ene hand naar de andere ?

Ja, de trilling loopt door de slinky heen.

Vraag 2:
Wat verplaatst er zich in de golf?

- ❑ De ringen
- ☒ De trilling

[28] https://workbench.imuscica.eu/dev/?lesson=https://www.steamdidactiek.be/NL_SC1L1.clmcv

Opdracht 1:

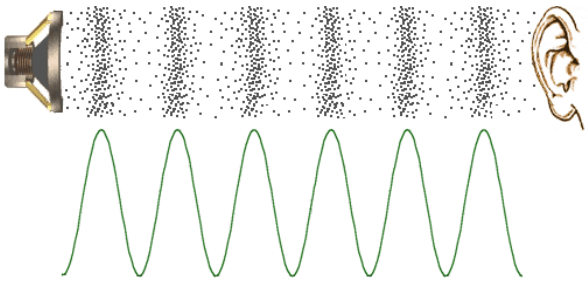
Bekijk de animatie van een drukgolf doorgeen de lucht. Hou één deeltje in het oog.

http://resource.isvr.soton.ac.uk/spcg/tutorial/tutorial/Tutorial_files/Web-basics-show.htm

Vraag 1:
Verplaatsen de luchtdeeltjes zich van de ene kant naar de andere?

- ❑ Ja, de luchtdeeltjes verplaatsen zich zoals een blaadje in de wind.
- ✖ Neen, er is geen netto-verplaatsing van de luchtdeeltjes.

BESLUIT:



[29] Weergave van het effect van een bewegende luidsprekerconus op de posities van de luchtdeeltjes in een buis op een bepaald moment.

Wanneer een luidspreker *trilt,* dus heen- en weer beweegt van links naar rechts en omgekeerd, dan **Duwt hij de luchtdeeltjes samen op sommige plaatsen.**

Op elke plaats treedt een **verdichting** en een **verdunning** die zich herhaalt in de tijd.

[29] https://www.mediacollege.com/audio/01/sound-waves.html

2.4.2.1	**De kenmerken van een golf** Wat zijn de kenmerken van een golf?

Opdracht 1: **Bepaal de golfvormen van een aantal geluiden.**

Benodigdheden:

- Ipad/laptop met microfoon
- Fluit
- Keyboard

Uitvoering:

1. Ga naar de volgende website: https://workbench.imuscica.eu

SCAN ME

2. Open de applet om de golfvorm te meten.
3. Neem willekeurige voorwerpen en maak er geluid mee.
4. Teken de golfvormen over.
5. Vergeet niet bij elke schets de tijd-as toe te tekenen.

Vragen: **De tekeningen geven een mogelijk antwoord weer.**

Vraag 1:
Speel een vaste toon van een fluit en meet de golfvorm.
Schets hier de golfvorm.

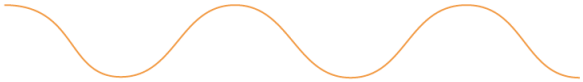
Golf nr. 1

Vraag 2:
Schud met een fles met water en meet de golfvorm.
Schets hier de golfvorm.

Golf nr. 2

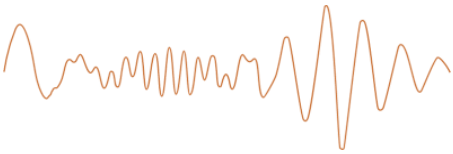
Vraag 3:
Sla een stemvork aan.
Schets hier de golfvorm.

Golf nr. 3



Vraag 4:
Klop op de tafel en meet de golfvorm.
Schets hier de golfvorm.

Golf nr. 4



Vraag 5:

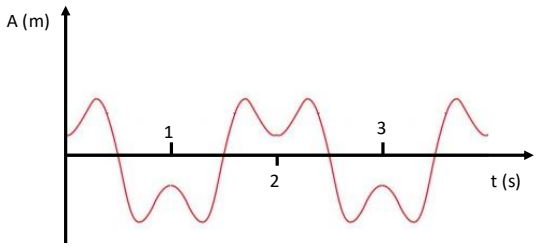
Bekijk de geschetste golfvormen.
Welke van de volgende vormen herhalen zich in de tijd en welke niet?
Noteer het nummer in de juiste kolom.

In de tijd herhalend	Niet herhalend
1	2
3	4

Laten we eens kijken naar de golfkenmerken van in de tijd herhalende golven.

1 Frequentie

Vermits golven van tonen zich herhalen in de tijd, kan je nagaan hoeveel maal per seconde ze zich herhalen.



Vraag 1:
Tel hoeveel maal de golf zich herhaalt per seconde.

½ keer

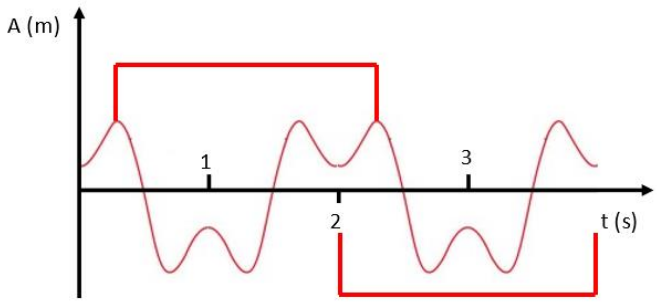
Vraag 2:
Kan je aan geluiden die geen zich herhalende golfvorm hebben, een frequentie toekennen?
JA / **NEEN**

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Frequentie	f	Hertz	Hz ($= \frac{1}{s}$)

2 Periode

De periode van een golf is de tijd die een golf erover doet om zichzelf te herhalen.
Als we de tijd meten tussen twee opeenvolgende identieke momenten, hebben we de periode gemeten.

Vraag 1:
Duid de periode aan. Op onderstaande afbeelding zijn enkele mogelijke oplossingen weergegeven.



Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
periode	T	seconde	s

<u>Demo experiment:</u>

Onderzoeksvraag:
Wat is het verband tussen frequentie en periode?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator + triller
- Plaat van Chladni

Uitvoering:

1. Monteer de plaat op de functiegenerator.
2. Plaats de functiegenerator op de tafel.
3. Zorg dat de knop amplitude op 0 staat.
4. Zet de functiegenerator aan en zet deze op 1 Hz. Draai hierbij ook aan de amplitude knop.
5. We drijven de frequentiewaarde op naar 2 Hz.

Vragen:

Vraag 1:
Maak een trilling met de gegeven frequenties in de tabel. Hoe lang duurt de tijd om één volledige trilling te maken?

f (Hz)	T (s)
1	**1**
2	**1/2**
100	**1/100**

Vraag 2:
Als we de tabel analyseren, zien we een bepaald verband. Welk?
omgekeerd evenredig verband

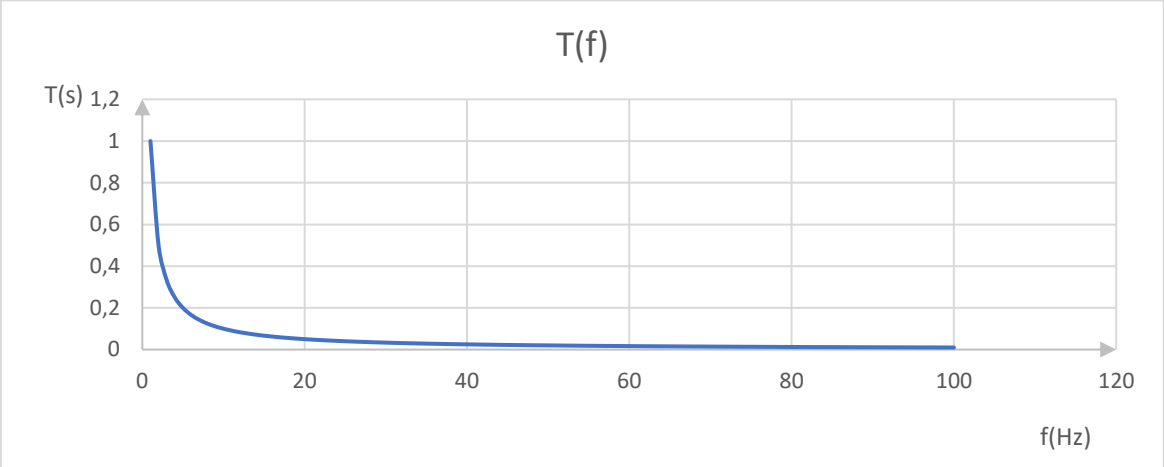
Vraag 3:
Stel de formule op.

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

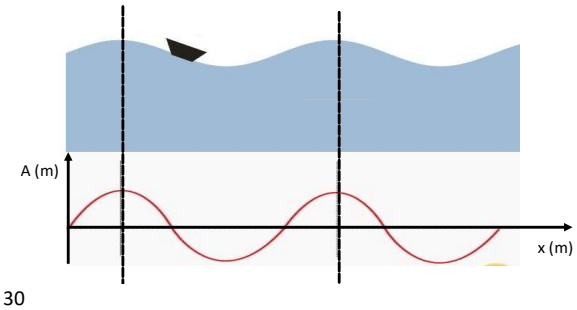
Vraag 4:
Vorm nu de formule om naar f.

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

Vraag 5:
Maak een grafiek voor de formule uit vraag 2.



3 Golflengte



[30]

De golflengte wordt uitgedrukt in meters en is, zoals het woord al zegt, de lengte van de golf.
Het is namelijk de afstand die de golf moet afleggen om zichzelf te herhalen.

verplaatsing in de ruimte

Het symbool voor de golflengte is λ (lambda, de Griekse letter l)

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
golflengte	λ (lees je als Lambda)	Meter	m

[30] https://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen.php?opgave=golfopzee

Opdracht 1:	**Neem met 2 mensen het touw vast. Zorg dat elk persoon één uiteinde vast heeft.** **Eén iemand beweegt het touw heen en weer. De andere houdt het andere uiteinde stil.**

Vragen:

[31]

Vraag 1:
Bepaal de golflengte van de gemaakte golf.

Persoonlijk antwoord leerling. Afhankelijk van de gemaakte golf.

4 Snelheid van de golf

In lucht plant geluid zich voort met een constante snelheid: de geluidssnelheid, indien de temperatuur van de lucht overal gelijk is.
Bij kamertemperatuur (20°C) is de geluidssnelheid 340 m/s.
In andere stoffen zoals hout, metaal … kan de luchtsnelheid anders zijn. Meestal is deze groter.

De snelheid is een verhouding tussen 2 grootheden. Welke?

Denk bv aan de snelheid van een auto. Noteer dit hieronder in formulevorm:

$$v = \frac{afstand}{tijd} = \frac{l}{t}$$

Omdat onze geluidsgolf in één trillingstijd een afstand van één golflengte aflegt, kunnen een formule opschrijven voor de snelheid van onze golf:

$$v_{golf} = \frac{afstand}{tijd} = \frac{golflengte}{periode} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

Besluit voor de klankkast

Het zal nodig zijn om met de volgende formule: $v_{golf} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$ de golflengte te berekenen voor bepaalde tonen die we willen versterken.

[31] https://workbench.imuscica.eu/dev/?lesson=https://www.steamdidactiek.be/NL_SC1L1.clmc

5 Amplitude

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is de amplitude van de golf?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling
_____

Benodigdheden:

- Ipad/laptop met microfoon
- Instrument bv. keyboard

Uitvoering:

1. Ga naar de volgende website: https://workbench.imuscica.eu

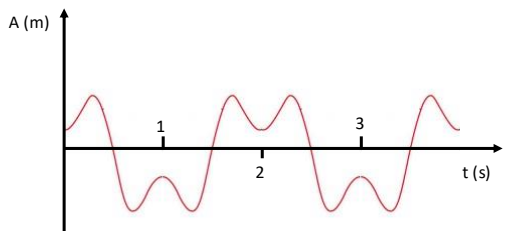
SCAN ME

2. Neem een willekeurig instrument en speel één toon die je zacht en luid speelt.
3. Meet de golfvorm en vergelijk de golven.

Vragen:

Vraag 1:
Duid het juiste woord aan:

De golf zal bij een luide toon **FELLER** / MINDER FEL uitwijken ten opzicht van de golf bij een zachte toon.



Aan elk geluid kunnen we een **geluidssterkte (= volume)** toekennen. We drukken de geluidsterkte uit in decibel (dB). Later hier meer over.

De geluidssterkte neemt toe met de **uitwijking (=amplitude)** van de trilling.

Door bijvoorbeeld de snaar van een gitaar harder of zachter aan de slaan, zal de uitwijking van de snaar veranderen.
Hoe groter de uitwijking, hoe sterker het geluid wordt waargenomen.

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Amplitude	A	Meter	m

BESLUIT:

- Frequentie: het aantal keer dat de golf zich voordoet per seconde.
- Periode: de **tijd** die de golf erover doet om zichzelf te herhalen.
- Golflengte: de **afstand** die de golf aflegt om zichzelf te herhalen.
- Golfsnelheid: de snelheid van de golf

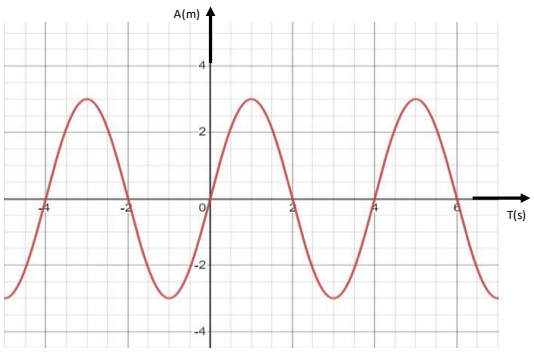
- Formule: $v_{golf} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$

- Amplitude: de **maximale** uitwijking van de golf.
- Een luide toon heeft een **GROTE** / KLEINE amplitude.
- Een zachte toon heeft een GROTE / **KLEINE** amplitude.

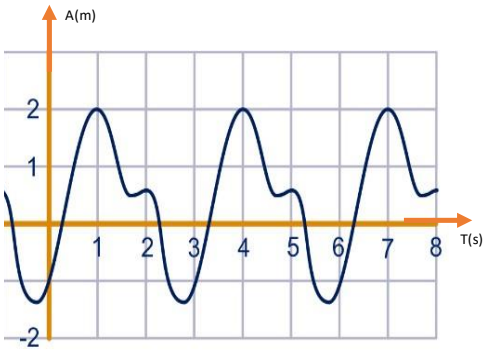
Opdrachten

Oefening 1: - **Bepaal de frequentie van de volgende golf**

Golf 1



Golf 2

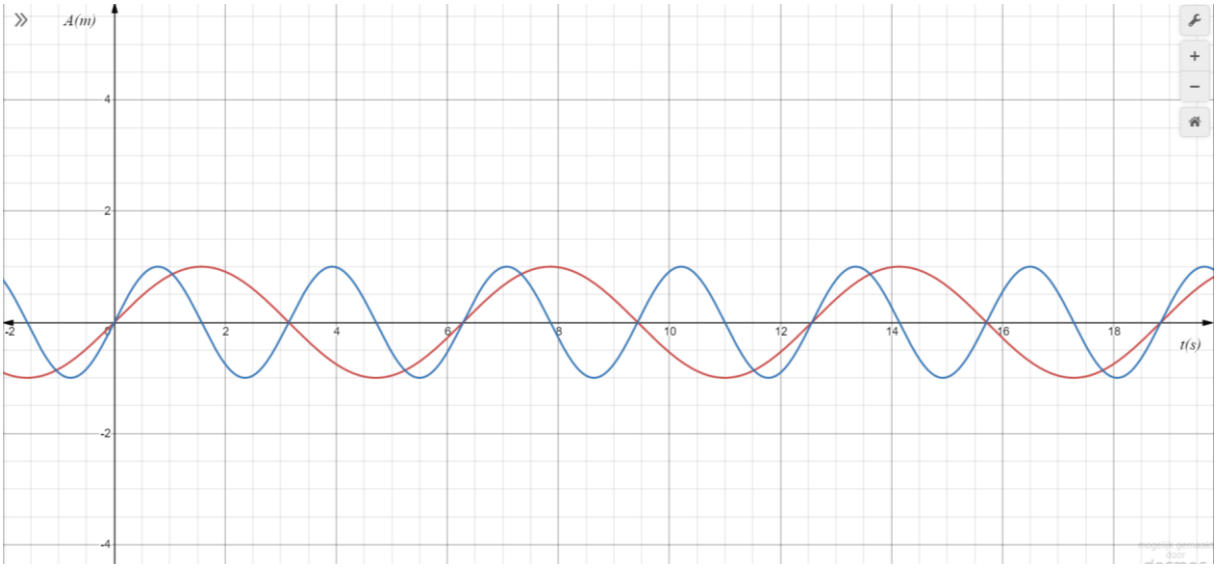


[32]

T = 4s dus $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25\ Hz$

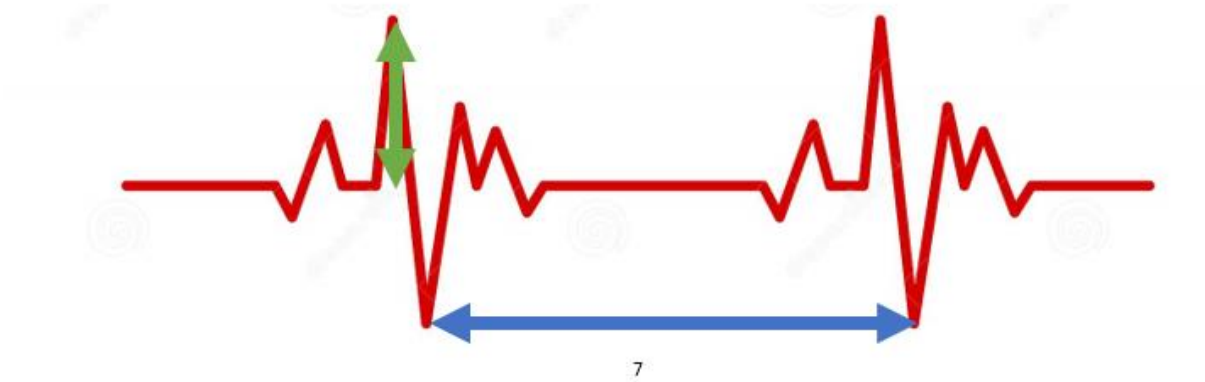
T = 3s dus $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3} = 0,33\ Hz$

Oefening 2: **Duid de golf van de hoge toon aan in het blauw en de golf van de lage toon in het rood.**



[32] http://wm.math4allview.appspot.com/view?comp=lj6-v-a-h14&subcomp=lj6-v-a-h14-02&variant=basis_wm

Oefening 3:	- **Duid op de golf het volgende aan:**
	  ○ **Amplitude (groen)**
	  ○ **Golflengte (blauw)**



[33]

Oefening 4:	- **Bereken de periode of de frequentie.**

1. Als $\boldsymbol{f} = \mathbf{4}\ \boldsymbol{Hz}$ dan is T = $\frac{1}{f} = \frac{1}{4} = 0{,}25\ \mathrm{Hz}$
2. Als $\boldsymbol{f} = \mathbf{0,5}\ \boldsymbol{Hz}$ dan is T = $\frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}5} = 2\ \mathrm{Hz}$
3. Als $\boldsymbol{T} = \mathbf{5}\boldsymbol{s}$ dan is f = $\frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0{,}20\ \mathrm{Hz}$
4. Als $\boldsymbol{T} = \mathbf{0,3}\boldsymbol{s}$ dan is f = $\frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}3} = 3{,}33\ \mathrm{Hz}$

Oefening 5:	**Om te bepalen hoe ver het onweer verwijderd is, moet je het aantal seconden tussen de flits en de donder bepalen.** **Met behulp van de formule voor de geluidssnelheid kan je bepalen hoever je verwijderd bent van het onweer.** **Stel dat je 3 seconden telt tussen de flits en de donder en de snelheid van het geluid 340 m/s is, hoever is het onweer dan verwijderd van jou?**

Gegeven: $\mathrm{t} = 3\mathrm{s}, \mathrm{v} = 340\ \mathrm{m/s}$

Gevraagd: l

Oplossing: $\mathrm{v} = \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{t}} \Rightarrow \mathrm{l} = \mathrm{v} \cdot \mathrm{t} = 3\mathrm{s} \cdot 340\ \mathrm{m/s} = 1020\ \mathrm{m}$

Het onweer is 1020 m van mij verwijderd.

[33] https://nl.dreamstime.com/van-de-lijn-het-vectorgezondheid-hartslagimpuls-medische-concept-voor-grafisch-ontwerp-embleem-website-sociale-media-mobiele-image142483420

2.4.5 Synthesemoment

Hoe plant geluid zich voort?

Geluidsgolf = **Drukgolf**
Geluidsgolven zetten de lucht in beweging.
→ Bij een geluidsgolf wordt de trilling doorgegeven.

Het **medium** / **middenstof** = De materie waardoor een golf zich voortplant.
Voorbeeld: lucht, water …

Golfkenmerken van in de tijd herhalende golven:

1. De **frequentie** = Het aantal trillingen per seconde.
2. De **periode** = De tijd die een golf erover doet om zichzelf te herhalen.
3. De **golflengte** = De afstand die een golf aflegt om zichzelf te herhalen.
4. De **golfsnelheid** = De voortplantingssnelheid van de golf.
5. De **amplitude** = De uitwijking van de golf.

Vul onderstaand overzicht verder aan:

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Frequentie	**f**	**Hertz**	**Hz**
Periode	**T**	**Seconde**	**s**
Golflengte	**λ**	**Meter**	**m**
Golfsnelheid	**v**	**Meter per seconde**	**m/s**
Amplitude	**A**	**Meter**	**m**

LESDOELEN	
❑	**Ik kan toelichten hoe geluid zich voortplant & dit voorstellen.**
❑	**Ik kan de kenmerken van een golf opsommen aanduiden op een tekening.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

Redelijk duidelijk

Duidelijk

2.5 Onderzoeksvraag 4: Hoe laten we andere voorwerpen meetrillen?

2.5.1 Het verschijnsel Resonantie: iets laten 'meetrillen'

Wat is resonantie?

2.5.1.1 Tacoma bridge

Wat is er gebeurt met de Tacoma bridge?

HERHALING:

Wat verstaan we onder de frequentie?

De frequentie is het aantal trillingen per seconde en wordt uitgedrukt in Hertz (Hz).

1 Hz = 1 trilling per seconde.

Bekijk het filmpje over de 'Tacoma bridge'.

[34]

Wat denk je dat de reden is dat de brug kapot is gegaan?

Persoonlijk antwoord van de leerling

Opdracht 1: **Lees de volgende tekst.**

Bouw en instorten Tacoma Narrows Bridge

De start van de bouw was in 1938 en reeds in juli 1940 werd het in gebruik genomen. In november 1940 stak er echter een bepaalde wind op, waardoor de brug in beweging is gekomen. Deze beweging kwam destijds ook uitgebreid onder de aandacht tot het momen dat de bewegingen van de brug te heftig waren. Op 7 november 1940 waren de spanningen in het materiaal dermate hoog dat daardoor het materiaal structureel bezweek en de brug daardoor instortte.

[34] https://www.youtube.com/watch?v=XggxeuFDaDU

2.5.1.2 Resonantiefrequentie

Hoe komen voorwerpen spontaan in trilling, in resonantie?

We nemen een massa opgehangen aan een veer.

Moeten we met een bepaalde frequentie op en neer gaan om de massa maximaal te laten slingeren? Of gaat de massa even hard trillen bij gelijk welke aandrijffrequentie?

Demo experiment :

Onderzoeksvraag:
Wat is de aandrijffrequentie van een veer?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling
_____

Benodigdheden:

- Massa
- Veer
- Statief

Uitvoering:

1. Houd een veer vast met daaraan een massa. We gaan nu een trilling opwekken door met de hand op en neer te gaan.
2. Probeer die frequentie op te zoeken en aan te houden waarop de massa fel trilt (amplitude van je aandrijving constant houden!).

Vragen:

Vraag 1:
Tril nu ineens trager (of juist sneller). Blijft de massa even fel trillen?
Neen, de massa stopt met trillen.

Vraag 2:
Verander nu iets aan het voorwerp (bv. meer massa nemen of een sterkere veer)
Verandert nu de eigenfrequentie?

Ja, de eigenfrequentie veranderd.

BESLUIT

Blijkbaar hebben voorwerpen bepaalde voorkeursfrequenties om op te trillen. Men noemt die eigenfrequenties.

Als je met de gepaste frequentie aandrijft, gaan ze meetrillen.

Nu keren we terug naar de brug en verklaren we waarom ze is ingestort.

BESLUIT:

Verklaring voor het breken van de brug.

Een brug heeft net als elk ander voorwerp (**WEL** / GEEN) bepaalde voorkeursfrequenties waarop de ze gaat meetrillen. Deze noemen we eigenfrequenties of resonantiefrequenties.

Windwervelingen rondom de brug hebben de brug de nodige energie geven die ze nodig had om op deze resonantiefrequentie te gaan trillen.

Hierdoor gaat de brug met een steeds grotere uitwijking trillen. Dit kan je vergelijken met het met je hand mee aandrijven van de massa aan een veer op de precieze eigenfrequentie van het voorwerp. De uitwijking wordt dan ook snel heel (**GROOT**/KLEIN). Hierdoor is de brug ingestort.

Vandaag de dag verhelpen ze dit probleem door dempers aan de bruggen toe te voegen, deze dempers leiden de trillingsenergie af zodat de uitwijkingen afnemen.

INTERMEZZO:
<u>Voorbeelden van eigenfrequentie.</u>

1. Schommelen:
   Als je met een schommel maximaal wilt slingeren, moet je op het juiste moment een duw geven. De frequentie waarmee je duwt, is de frequentie van je schommel.

2. Soldaten in cadans:
   Angers Bridge was een hangbrug gebouwd over een rivier in Frankrijk. De brug stortte in april 16, 1850 in toen een troep Franse soldaten over marcheerden. De brug kwam in resonantie en stortte in. Het incident heeft het leven van 226-mensen opgeëist.

3. Jouw lichaam

Elk deel van jouw lichaam heeft een bepaalde eigenfrequentie. Het meetrillen van bepaalde lichaamsdelen kan bijvoorbeeld zorgen dat je wagenziek wordt.
Bij helikopterpiloten kunnen de trillingen van het voertuig de oogbollen in resonantie brengen. Daardoor vermindert het zicht en kunnen er ongevallen gebeuren.
Om dit te vermijden is de stoel van de piloot gemonteerd op een schokdemper.

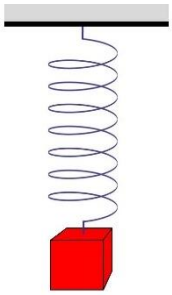
2.5.1.3 Invloed van massa op de resonantiefrequentie:
Zal de massa een invloed hebben op de resonantiefrequentie?

Demo experiment :

Onderzoeksvraag:
Heeft de massa een invloed op de resonantiefrequentie?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____


[35]

Benodigdheden:

- Veer
- Statief
- Verschillende massa's

uitvoering:

1. Plaats een zware massa aan de veer.
2. Breng deze massa aan het trillen.
3. Schat de frequentie in.
4. Doe nu hetzelfde voor een lichtere massa.
5. Vergelijk de twee frequenties.

Vragen:

Vraag 1:
Duid het juiste woord aan:

- De veer waaraan de grootste massa hangt zal een HOGERE / **LAGERE** frequentie hebben.
- De veer waaraan de kleinste massa hangt zal een **HOGERE** / LAGERE frequentie hebben.

BESLUIT:

De resonantiefrequentie van een voorwerp waarvan de massa hoger is, zal lager zijn. De massa is dus omgekeerd evenredig met de frequentie.

[35] https://bk.nijsnet.com/0203040_TH03M_Helmholtz_theorie.aspx

Besluit voor de klankkast

Uit het vorige onderzoek hebben we kunnen vaststellen dat het materiaal wat we gaan gebruiken om de klankkast te bouwen, ook bepalend zal zijn voor op welke frequentie de klankkast zal mee resoneren. Dus voor de klankkast met lagere tonen te laten resoneren, moeten we een zwaarder materiaal kiezen.

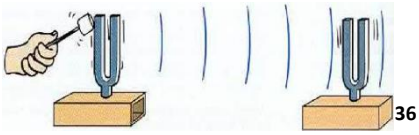
2.5.1.4	**Resonantie bij stemvorken:** Kan een trillend voorwerp een ander voorwerp laten meetrillen, mee-resoneren?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is resonantie?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

Benodigdheden:


[36]

- Twee stemvorken, elk gemonteerd op een klankkast
- Een hamertje

Uitvoering:

1. Plaats twee identieke stemvorken met de klankkasten naar elkaar toe.
2. Sla een van de stemvorken aan en demp met de hand de eerste.

Vragen:

Vraag 1:

a) **Gaat de 2de stemvork meetrillen / mee resoneren?**
JA / NEE

b) Met steeds dezelfde frequentie? Waarom?
JA / NEE
Dit is hun resonantiefrequentie.

c) Met steeds een andere frequentie naargelang je hard of zacht slaat op de eerste stemvork? Waarom?
JA / **NEE**
Dit heeft enkel invloed op de luidheid van de toon en niet de toon zelf.

Vraag 2:
Doe nu hetzelfde maar plaats een gewichtje bij op de tweede stemvork.
Gaat de 2de stemvork nu mee resoneren?
JA / **NEE**

Vraag 3:
Wat stel je vast?

- De 2de identieke stemvork trilt **WEL** / NIET mee. Men zegt dat de 2de stemvork dezelfde eigenfrequentie heeft als de eerste.
- De 2de verzwaarde stemvork trilt WEL / **NIET** mee. De 2de verzwaarde stemvork heeft (wel/niet) dezelfde eigenfrequentie als de 1ste.

---

[36] https://physicsexperiments.org/index.php/golven/52-geluid/117-resonerende-stemvork-en

BESLUIT:

Een trillend voorwerp kan een ander voorwerp doen trillen wanneer ze beide **EENZELFDE** / EEN ANDER resonantiefrequentie hebben

Besluit voor de klankkast

We moeten ervoor zorgen dat onze klankkast **ZOVEEL** / ZOMIN mogelijk meetrilt met het geluid van de gsmspeaker. Dit kunnen we doen door de klankkast zo te bouwen dat ze mee resoneert bij die frequenties die we willen versterken.

Opdracht 1: **Los het volgende vraagstuk op.**

Luka en Jannes hebben een discussie. Ze willen een drumshow geven met enkel materialen uit het dagelijkse leven. Ze hebben al veel materiaal gevonden, waar ze veel tonen mee kunnen produceren. Het enige probleem wat ze nu nog hebben, is dat ze opzoek zijn naar een materiaal dat het best lage tonen produceert. Jannes heeft een dik, zwaar stuk ebbehout en Luka heeft een even dik, licht stuk essenhout. Welk van deze twee stukken hout zal een lagere toon produceren als we erop gaan slaan? Verklaar je antwoord.

Het stuk ebbehout, want deze heeft een zwaardere massa. Bij de veer met een zwaardere massa hebben we ook gezien dat deze een lagere eigenfrequentie heeft.

2.5.2 Eigenfrequenties op een aerofoon

Heeft een instrument meerdere eigenfrequenties?

In het vorige stukje hebben we gezien dat instrumenten een bepaalde eigenfrequentie hebben.

Leerlingenexperiment:

Onderzoeksvraag:
Heeft een instrument maar één eigenfrequentie of meerdere?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**
_____

Benodigdheden:

- Draaibuis
- Frequentiemeter (imusica)

Uitvoering:

1. Open de imusica frequentiemeter en begin heel langzaam de draaibuis te draaien tot je een bepaalde toon hoort.
2. Noteer de frequentie van de eerste toon.
3. Draai de draaibuis nu wat sneller tot je een volgende tonen hoort.
4. Noteer opnieuw de frequentie.

Vragen:

Vraag 1:
Welke frequentie heeft deze eerste toon?
200 Hz (Dit antwoord is afhankelijk van je draaibuis)

Vraag 2:
Welke frequenties hebben de volgende tonen?
(Dit antwoord is afhankelijk van je draaibuis)

- **400 Hz**
- **600 Hz**
- **800 Hz**
- **1000 Hz**

Vraag 3:
Zien we een verband tussen de grondtoon en de boventonen?
De boventonen zijn een veelvoud van de grondtoon.

BESLUIT:

Grondtoon:
De laagste eigenfrequentie van een instrument is de grondtoon. De frequenties die hierop volgen zijn de boventonen.

Verband grondtonen en boventonen:
Er is een heel duidelijk verband tussen de grondtoon en de boventonen. Namelijk dat de boventonen een veelvoud zijn van de grondtoon. Met andere woorden dat de eigenfrequenties zich verhouden als eenvoudige natuurlijke getallen. Bijvoorbeeld:

$$f_2 = 2 \cdot f_1$$

$$f_3 = 3 \cdot f_1$$

Opdrachten

Oefening 1: **Los het volgende vraagstuk op.**

We zitten in de klas en willen de boventonen van een alpenhoorn meten. Jammer genoeg lukt niemand het om een zuivere toon te spelen. Gelukkig hebben we Neel in de klas (viervoudig wereldkampioen alpenhoornspeler). Hij speelt een perfecte toon van 88 Hz. Wat is de derde boventoon van dit instrument?

3de boventoon = $f_4 = 4 \cdot 88\ Hz = 352\ Hz$

Oefening 2: **Los het volgende vraagstuk op.**

We draaien een draaibuis snel rond. We weten dat we de eerste toon niet kunnen produceren, maar de derde toon produceren we zonder problemen. We meten deze en deze is 900 Hz. Wat is de grondtoon van deze draaibuis?

$$f_3 = 3 \cdot f_1$$

$$f_1 = \frac{f_3}{3} = \frac{900\ Hz}{3} = 300\ Hz$$

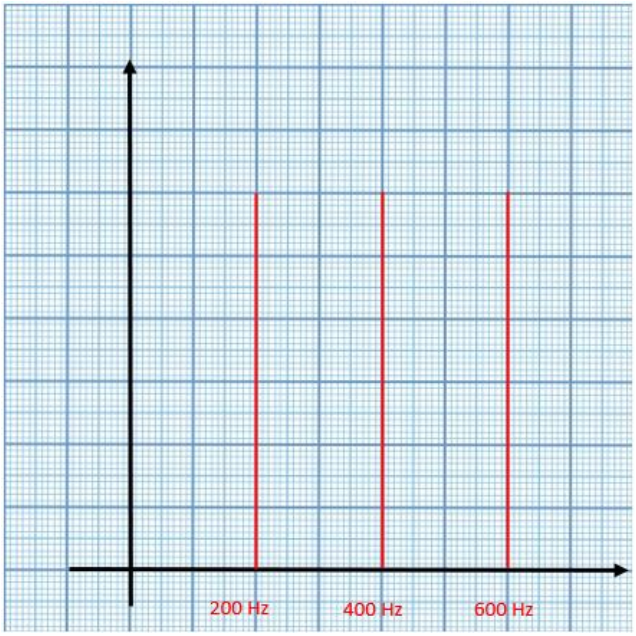
Oefening 3: **Los het volgende vraagstuk op.**

A. We verkrijgen de eerste toon bij van een draaibuis. De grondtoon van de draaibuis is 200 Hz. Wat is de eerste, de tweede en de derde boventoon van deze draaibuis?
De eerste boventoon is 400 Hz, de tweede boventoon is 600 Hz en de derde boventoon is 800 Hz.

B. Teken dit fenomeen nu ook op de grafiek. Doe dit bij 2 verschillende grondtonen. De eerste is de grondtoon van een alpenhoorn (88Hz) en die van een draaibuis (200Hz). Bepaal ook de discrete punten in de tabel van de draaibuis en de alpenhoorn.

Discrete punten

Draaibuis	Alpenhoorn
200 Hz	**88 Hz**
400 Hz	**176 Hz**
600 Hz	**264 Hz**
800 Hz	**352 Hz**



C. Wat is de verklaring voor het vreemde patroon dat we krijgen? Waarom zien we geen mooie rechte?

Omdat de draaibuis enkel geluid zal maken op zijn eigenfrequenties en de frequenties tussen de verticale rechten zijn geen eigenfrequenties van de draaibuis.

D. Wat valt er ons op wanneer we naar het geluid luisteren als we tussen twee boventonen in zitten?

We horen hier niks.

2.5.3 Eigenfrequenties van platen

Hebben rechthoekige en ronde platen dezelfde eigenfrequentie?

[37]

Geschiedenis intermezzo

Ernst Friedrich Chladni (1756 – 1827) is een natuurkundige die vooral bekend is door zijn studie over klankfiguren. Die patronen worden zichtbaar gemaakt met heel fijn en licht poeder (zand) op het trillende vlak. Zo ontstaan mooie patronen.

2.5.3.1 De eigenfrequenties van dikke en dunne platen.

Wat is het verband tussen de eigenfrequentie en de dikte van een plaat?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is het verband tussen de eigenfrequentie en de dikte van een plaat?

[38]

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator
- Dikke en dunne plaat van hetzelfde materiaal
- Zand

Uitvoering:

1. Monteer de dunne plaat of de functiegenerator en strooi hier zand op.
2. Zet de functiegenerator aan en zoek de eerste vijf eigenfrequenties.
3. Doe hetzelfde voor een dikke plaat en noteer opnieuw de frequentie.

Vragen:

Vraag 1:
Noteer de eerste 3 eigenfrequenties: **Dit is afhankelijk van de dikte van de platen.**

De dunne plaat	De dikke plaat

[37] http://www.rubinsedu.com/?p=1282

[38] https://www.afwerkingshop.be/droge-afbouw/hout-plaat/multiplex-platen/

2.5.3.2	**De eigenfrequenties van grote en kleine platen.** Wat is het verband tussen de eigenfrequentie en de oppervlakte van een plaat?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat is het verband tussen de eigenfrequentie en de oppervlakte van een plaat?

[39]

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator
- Grote en kleine plaat van hetzelfde materiaal
- Zand

Uitvoering:

1. Monteer de grote plaat of de functiegenerator en strooi hier zand op.
2. Zet de functiegenerator aan en varieer met de frequentie.
3. Noteer de 5 eerste eigenfrequenties.
4. Doe hetzelfde voor een kleine plaat.

Vragen:

Vraag 1
Noteer de eerste 3 eigenfrequenties: **Dit is afhankelijk de grootte de platen.**

De kleine plaat	De grote plaat

Vraag 2:
Welk verband zie je?
De grote dunne plaat heeft de laagste eigenfrequenties.

BESLUIT:

De grote plaat begint op **LAGERE** / HOGERE frequenties mee te resoneren.

[39] https://www.houthandelonline.nl/plaatmateriaal/mdf/mdf-gefineerd-2-zijden-beuken

2.5.4 De afmeting van de klankkast

Hoe groot moet onze klankkast zijn ?

We weten nu al welke dikte onze platen moeten hebben. Maar hoe groot moeten de platen zijn?
Om hier een antwoord op te geven, zullen we eerst geluidsgolven van dichterbij moeten bekijken.
Tussen twee wanden die parallel staan kan een geluidsgolf met een golflengte die exact gelijk is aan de afstand tussen de twee wanden zichzelf versterken, resoneren.
Hoe dit juist werkt, bekijken we dit fenomeen eens met behulp van een koord.

Demo-experiment

Onderzoeksvraag:
Hoe versterken golven elkaar?

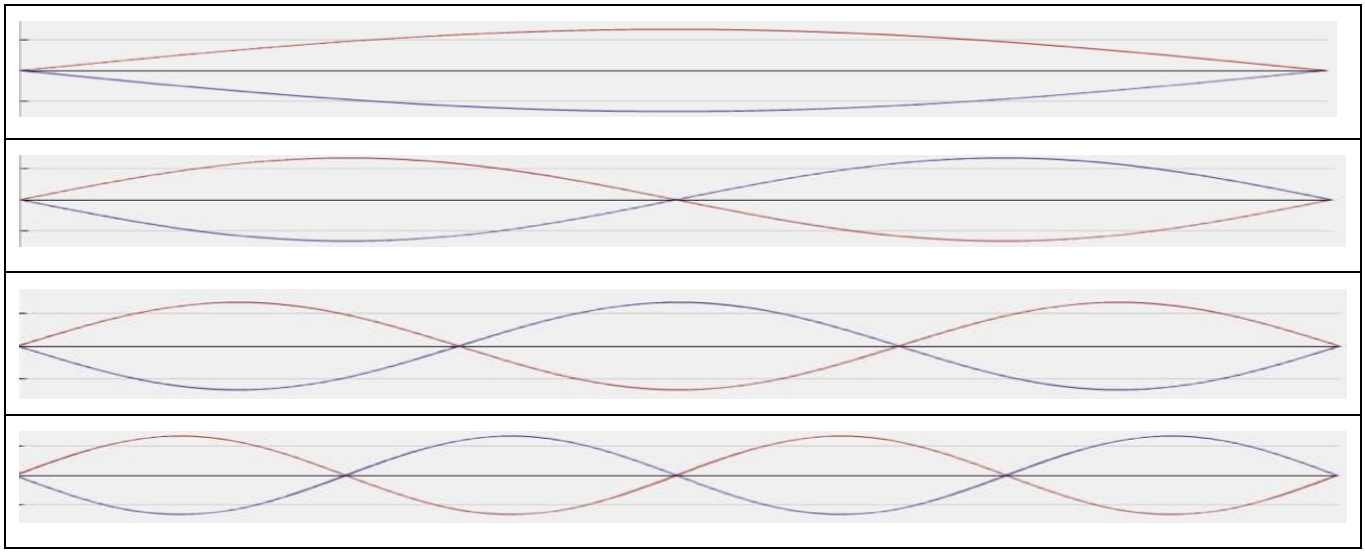
Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**
_____

Benodigdheden:

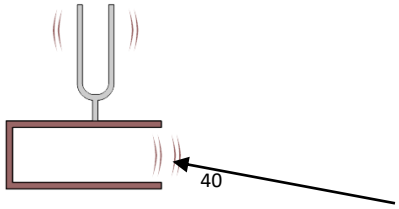
- Statief
- Koord
- Frequentiegenerator

Uitvoering:

1. Stel de opstelling op.
2. Stel de functiegenerator in op 0 Hz en zet deze aan.
3. Drijf rustig de frequentie op tot je de eerste resonantiefrequentie van het koord bereikt hebt.
4. Doe dit nu ook voor de volgende resonantiefrequenties
5. Teken de eerste 4 eigenfrequenties van een snaar.

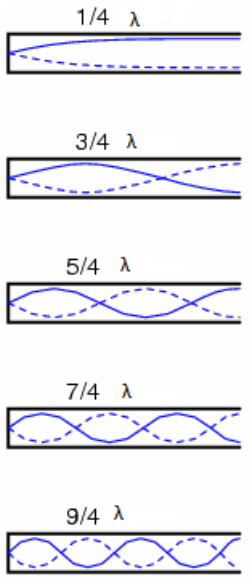


Tijdens deze mooie proef hebben we kunnen zien dat er op bepaalde frequenties een staande golf zal ontstaan. Dit wilt zeggen dat de golf perfect in de lengte van ons koord past. Maar als we naar onze klankkast kijken, zullen we niet werken met een koord. Hierbij laten we de luchtkolom in de klankkast trillen.



[40]

Afhankelijk van hoe de klankkast eruit ziet gaat er een bepaalde golflengte in onze luchtkolom moeten passen. Aangezien wij met een halfopen klankkast werken, gaan we ervan uit dat onze golflengte er $\frac{1}{4}$ keer in moet passen, zodanig dat onze golf voortgeplant wordt. Deze berekening zelf is te moeilijk voor ons op het moment, maar we kunnen er vanuit gaan dat dit juist is.



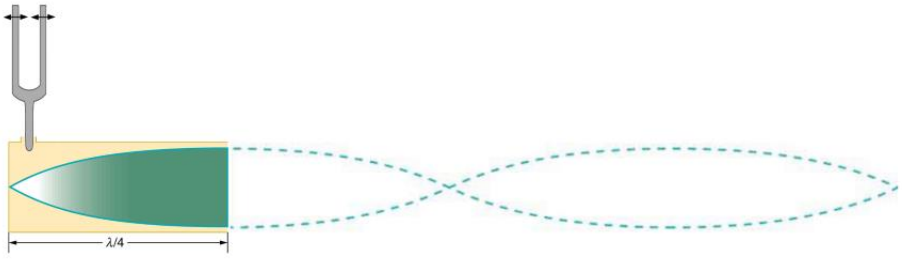
[41]

In de tekening links van ons zien we hoe de golf in klankkast zal passen. Om ervoor te zorgen dat onze golf voortgeplant zal worden, moet hij dus op het einde van de klankkast met een buik eindigen. Dit doet hij bijvoorbeeld bij $\frac{1}{4}$ λ, maar ook bij $\frac{3}{4}$ λ, $\frac{5}{4}$ λ en zo voort. Zolang hij met een buik eindigt, plant de golf zich voort.

Waarom hebben we dit nu gezien?
Dit stukje theorie zorgt ervoor dat we begrijpen wat de lengte van onze klankkast moet zijn. Als onze klankkast groter zal zijn dan $\frac{1}{4}$ λ, zal onze geluidsgolf er niet in passen en zal deze toon dus ook niet versterkt worden.

[40] https://www.wetenschapsschool.nl/new_chapters/klas5_ch2.html

[41] https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/75832



[42]

De bovenstaande foto maakt dit zeer duidelijk. Als de klankkast kleiner is dan $\frac{1}{4}\ \lambda$, dan zal deze toon niet geproduceerd kunnen worden. Dit is een lage toon omdat deze een grote golflengte heeft.

<u>Kwalitatief experiment:</u>

Bij 20°C bedraagt de golfsnelheid 340 m/s.
Hoe groot moet de klankkast zijn om een frequentie van 340 Hz te versterken?

Gegeven: $v = 340\ {}^{m}/_{s}$ $\quad f = 340\ Hz$

Gevraagd: *De grootte van de klankkast in m*

Oplossing:

$v = \lambda \cdot f \qquad \lambda = \frac{v}{f} \qquad \lambda = \frac{340\ {}^{m}/_{s}}{340\ Hz} \qquad \lambda = 1\ m$

We hebben in de bovenstaande tekening gezien dat de grootte van de klankkast ${}^{1}/_{4} \cdot \lambda$ moet zijn dus is de grootte 0,25 m

Wat kunnen we uit de volgende opdracht concluderen?

De afmetingen van de klankkast hebben vermoedelijk (GEEN INVLOED / WEL INVLOED) op de geluid dat de speaker zal versterken.

Besluit voor de klankkast

Als we de klankkast ontwerpen, moeten we zorgen dat de lengte minstens $\frac{1}{4}\ \lambda$ is. Als dit niet het geval is, dan zullen de tonen met deze frequentie niet versterkt worden.

[42] https://cooljargon.com/ebooks/physics/m42296/index.cnxml.html

INTERMEZZO: open en gesloten koptelefoons.

[43]

Gesloten klankkast	Open klankkast
Veruit de meeste koptelefoons hebben een gesloten klankkast. Deze gesloten klankkast zorgt ervoor dat geluid van buitenaf wordt gedempt. Deze koptelefoons lekken ook minder geluid naar de buitenwereld dan bij een open koptelefoon. Zo stoor je niemand en kun je helemaal opgaan in je muziek. Een koptelefoon met gesloten klankkast is vooral geschikt wanneer je in een lawaaiige omgeving muziek luistert, zoals op straat, in de bus of op kantoor. Omdat de druk in een gesloten klankkast makkelijker kan worden opgebouwd dan bij een open klankkast, geniet je vaak van een betere basweergave.	Koptelefoons met een open klankkast laten zowel geluid van binnen als van buiten door. Daarom zijn ze niet geschikt voor gebruik in een luidruchtige omgeving. Wel zijn koptelefoons met een open klankkast geschikt voor thuisgebruik of in de studio. Ingenieurs gebruiken koptelefoons met een open klankkast veelal omdat het geluid het meest in de buurt komt van het geluid uit speakers. Het klinkt natuurgetrouw, ruimtelijk en de bas is niet overdadig. Wanneer je in de studio vocalen opneemt, kun je beter kiezen voor een gesloten klankkast. Deze lekt namelijk geen geluid richting de microfoon.

[43] https://www.gettyimages.be/detail/foto/three-kings-plus-one-royalty-free-beeld/1073688162?irgwc=1&esource=AFF_GI_IR_TinEye_77643&asid=TinEye&cid=GI&utm_medium=affiliate&utm_source=TinEye&utm_content=77643

2.5.5 Onderzoek van de aandrijffrequentie op de resonantie

In de vorige stukken hebben we het gehad over de eigenfrequentie van bepaalde lichamen. We gaan nu eens met een functiegenerator werken om dit nog eens aan te halen.

Een functiegenerator is een elektronisch instrument waarmee we trillingen van verschillende frequenties kunnen opwekken.

2.5.5.1	**De frequentie van de functiegenerator gelijkstellen aan de eigenfrequentie van de stemvork.** Treedt resonantie op als de aandrijffrequentie gelijk is aan de eigenfrequentie?

<u>Demo experiment:</u>

Onderzoeksvraag:
Treedt resonantie op als de aandrijffrequentie gelijk is aan de eigenfrequentie?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator
- Trilplaat
- Stemvork

Uitvoering:

1. Zet de functiegenerator aan en stel de frequentie in op die van de stemvork (440 Hz).
2. Zet de stemvork voor de functiegenerator.
3. Zet deze na 5 seconden uit.

Vragen:

Vraag 1:
Wat hoor je als je de functiegenerator terug uitzet?
Je hoort de stemvork trillen.

BESLUIT:

Enkel indien de aandrijffrequentie gelijk is aan de eigenfrequentie van de stemvork zal deze mee resoneren.

2.5.5.2 De eigenfrequentie van de stemvork veranderen

Wat gebeurt er met de eigenfrequentie van een verzwaarde stemvork?

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met de eigenfrequentie van een verzwaarde stemvork?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator
- Trilplaat
- Stemvork

Uitvoering:

1. Zet de functiegenerator aan en stel de frequentie in op die van de stemvork (440 Hz).
2. Breng een gewichtje aan op de stemvork.
3. Zet de stemvork voor de functiegenerator.
4. Zet deze na 5 seconden uit.

Vragen:

Vraag 1:

Wat hoor je als je de functiegenerator terug uitzet?
Je hoort niks.

BESLUIT:

Doordat we een gewichtje gaan toevoegen aan de stemvork, zullen we ook de eigenfrequentie hiervan veranderen. Dat wilt zeggen dat deze niet meer gelijk is aan de oorspronkelijke waarde van 440 Hz.

2.5.5.3	**Ga na wat de nieuwe eigenfrequentie is** Is de eigenfrequentie lager of hoger geworden door het gewichtje toe te voegen?

In de vorige proef hebben we gezien dat als we de massa van de stemvork veranderen, de resonantiefrequentie ook gaat veranderen.

Demo experiment:

Onderzoeksvraag:
Is de eigenfrequentie lager of hoger geworden door het gewichtje toe te voegen?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

_____

Benodigdheden:

- Functiegenerator
- Trilplaat
- Stemvork
- Massa
- Frequentiemeter

Uitvoering:

1. Sla de stemvork met de massa aan.
2. Meet aan de hand van een frequentiemeter de frequentie.
3. Noteer de gemeten frequentie.
4. Stel de frequentieregelaar in op de gemeten frequentie.
5. Zet de frequentieregelaar aan en laat deze 5 seconden opstaan.

Vragen:

Vraag 1:

Wat hoor je als je de functiegenerator terug uitzet?
Je hoort een toon van 420 Hz. (Dit antwoord is afhankelijk van het gebruikte gewichtje)

BESLUIT:

De stemvork met het gewichtje heeft een (**LAGERE** / HOGERE) eigenfrequentie gekregen.
We hebben vastgesteld dat de nieuwe eigenfrequentie met gewichtje gelijk is aan **420** Hz.

Besluit voor de klankkast

We zien met deze experimenten dat ook de massa van het voorwerp een rol speelt voor de resonantiefrequentie. Dit gaan we verder moeten onderzoeken.

2.5.6 Synthesemoment

Hoe laten we andere voorwerpen meetrillen?

Voorwerpen hebben specifieke **voorkeursfrequenties** om te trillen. Dit zijn de **eigenfrequenties** van dat voorwerp.

Resonantie = Een trillend voorwerp kan een ander voorwerp doen trillen wanneer ze beide dezelfde resonantiefrequentie hebben.

Grondtonen en boventonen:
De laagste eigenfrequentie van een instrument is de **grondtoon**. De eigenfrequenties die hierop volgen zijn de **boventonen**. Deze boventonen vormen een veelvoud van de grondtoon.

LESDOELEN	
❑	**Ik kan het fenomeen 'resonantie' toelichten.**
❑	**Ik kan het fenomeen 'resonantie' koppelen aan dagdagelijkse voorbeelden.**
❑	**Ik kan trillingseigenschappen van materialen onderzoeken.**
❑	**Ik kan het wiskundig verband tussen de grondtoon en de boventonen herkennen en hiermee aan de slag gaan.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

Redelijk duidelijk

Duidelijk

2.6 Onderzoeksvraag 5: Heeft de massa invloed op de hoogte van de eigenfrequentie(s)?

2.6.1 Eigenfrequentie van voorwerpen

Zou het mogelijk zijn om de grondtoon van een voorwerp te veranderen?

Ga in groepjes zitten. De ene helft van de klas voert experiment 1 uit. De anderen experiment 2.

Experiment 1:
Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Hoe kan je een toon krijgen uit een flesje door gebruik te maken van lucht?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

Benodigdheden:

- Twee glazen flesjes
- water

Uitvoering:

1. Ga in groepjes zitten.
2. Vul een flesje water tot hij ongeveer tot op de helft gevuld is.
3. Probeer een toon te krijgen uit je flesje door gebruik te maken van lucht.

Vragen:

Vraag 1:
Wat heeft jou groep gedaan om met lucht een toon te bekomen?

Er in blazen.

Vraag 2:
Vergelijk jouw verkregen geluid met het geluid van de andere groep. Is jouw toon hoger/lager of hetzelfde? Hoe denk je dat dit komt?
De toon is lager. Dit komt omdat we de lucht laten trillen in plaats van het water.

Experiment 2:
Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Hoe kan je een toon krijgen uit een flesje door gebruik te maken van het water in de fles?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

Benodigdheden:

- Twee glazen flesjes
- water

Uitvoering:

1. Ga in groepjes zitten.
2. Vul een flesje water tot hij ongeveer tot op de helft gevuld is.
3. Probeer een toon te krijgen uit je flesje door gebruik te maken op het flesje te tikken.

[44]

Vragen:

Vraag 1:
Wat heeft jou groep gedaan om met water een toon te bekomen?

Door te tikken.

Vraag 2:
Vergelijk jouw verkregen geluid met het geluid van de andere groep. Is jouw toon hoger/lager of hetzelfde? Hoe denk je dat dit komt?

Het verkregen geluid zal hoger zijn. Dit komt omdat we nu het water laten trillen en niet de lucht.

BESLUIT:

Je kan een toon produceren door:

1. Over de opening van het flesje te blazen → Hierdoor trilt de lucht in het flesje.
2. Op het flesje te tikken → Het flesje en het water trilt in zijn geheel.

[44] https://goedkoopdrank.nl/Spa-Blauw-Reine-Krat-25cl

2.6.1.1	**De grondtoon van de fles** Wat moeten we veranderen om de grondtoon van de fles te veranderen?

Afhankelijk van wat je laat trillen, krijg je een andere grondtoon. Maar kan je de grondtoon ook veranderen als je één speelmanier aanhoudt ?

Leerlingen experiment:

Onderzoeksvraag:
Wat moeten we veranderen om de grondtoon van de fles te veranderen?

Hypothese: persoonlijk antwoord van de leerling

Benodigdheden:

- Twee glazen flesjes
- water

Uitvoering:

[45]

1. Ga in groepjes zitten.
2. Vul een flesje water tot hij ongeveer tot op de helft gevuld is.

Vragen:

Vraag 1:

A. **Blaas in de fles. Doe vervolgens wat minder water in de fles en blaas opnieuw. Vergelijk de twee tonen. Is de toon verkregen door minder water in het flesje te doen hoger/lager of hetzelfde?**

Door er minder water in te doen, zal de toon lager worden.

B. **Door de massa van de fles te verhogen/verlagen zal:**

Verhogen: De toon zal hoger worden.

Verlagen: De toon zal lager worden.

C. **Wat gebeurt er met de luchtkolom als je een lagere toon wilt produceren:**

LANGER / KORTER / HETZELFDE

---

[45] https://goedkoopdrank.nl/Spa-Blauw-Reine-Krat-25cl

Vraag 2:

A. **Tik op de fles. Doe vervolgens wat minder water in de fles en tik opnieuw. Vergelijk de twee tonen. Is de toon verkregen door minder water in het flesje te doen hoger/lager of hetzelfde?**

Door er minder water in te doen, zal de toon hoger worden.

B. **Door de massa van de fles te verhogen/verlagen zal:**

Verhogen: De toon zal lager worden.

Verlagen: De toon zal hoger worden.

BESLUIT:

De grondtoon van een fles is afhankelijk van een aantal factoren.
Deze factoren spelen allemaal een belangrijke rol in het maken van de grondtoon.

1. De grootte van de fles
2. Manier waarop de toon wordt gecreëerd.
3. Volume water in de fles.

Besluit voor de klankkast

- Voor het hout (massa) van de klankkast: Als we onze klankkast zwaarder maken, zullen we de tafel mee kunnen laten trillen. Wanneer we de massa verhogen, worden de tonen lager.
- Voor de lucht van de klankkast: Als we zorgen dat de luchtkolom in onze klankkast groot is, zal de geproduceerde toon lager zijn.

2.6.2 Synthesemoment

Heeft de massa invloed op de hoogte van de eigenfrequentie(s)?

<u>Experiment: verschillende tonen, identieke flesjes</u>
Je kan een toon produceren door:
- op het flesje te tikken → Het flesje en het water trilt in zijn geheel.
- over de opening van het flesje te blazen → Hierdoor trilt de lucht in het flesje.

<u>Experiment: de grondtoon van een fles</u>
De grondtoon van een flesje is afhankelijk van een aantal factoren.
1. De grootte van het flesje
2. Da manier waarop de toon wordt gecreëerd
3. Het water dat zich in het flesje bevindt (volume).

LESDOELEN	
❑	**Ik kan uitleggen waarom de grondtoon van een voorwerp verschillend is.**
❑	**Ik kan uitleggen waarom de toon verhoogd of verlaagd als we de massa wijzigen.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

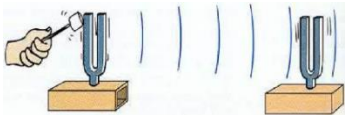
Redelijk duidelijk

Duidelijk

2.7 Onderzoeksvraag 6: Heeft het horen iets te maken met eigentrillingen?

HERHALING:

Denk terug aan het resonantie experiment met de twee stemvorken. Herinner je je dat de 2de stemvork de trilling oppikt? De 2de stemvork komt in resonantie.



46

Trilde de 2de stemvork mee op alle frequenties of precies op één frequentie?

- ❑ Alle frequenties
- ✖ Eén frequentie

Opdracht 1: **Beantwoord de volgende vragen:**

1. Kan je bij het horen verschillende frequenties van elkaar onderscheiden?
   - ✖ Ja
   - ❑ Nee

2. We veronderstellen dat ons gehoor werkt doordat er iets in ons oor, zoals de 2de stemvork, in resonantie komt. Zoeken we dan naar één of meerdere meetrillende 'stemvorken' in ons oor?
   - ❑ Eén meetrillende 'stemvork'
   - ✖ Meerdere meetrillende 'stemvorken'

Waarom?

Omdat we verschillende frequenties van elkaar kunnen onderscheiden.

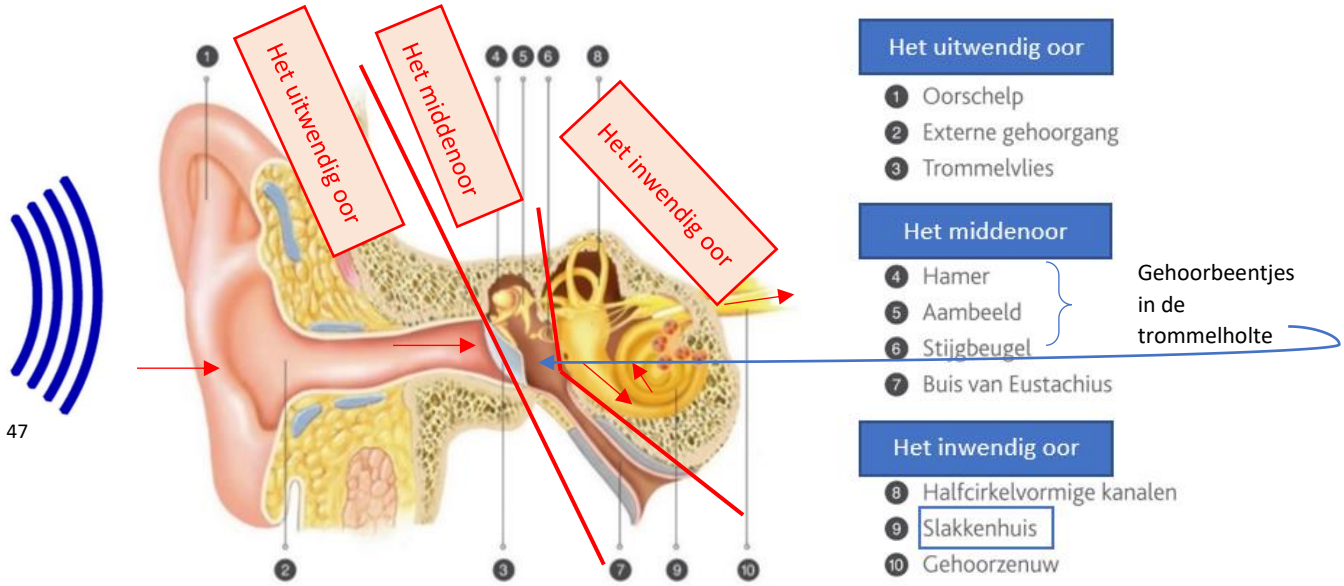
[46] https://physicsexperiments.org/index.php/golven/52-geluid/117-resonerende-stemvork-en

2.7.1 Hoe kunnen we verschillende frequenties horen?

Hoe is het oor opgebouwd?

Welk onderdeel van het oor kan een onderscheid maken tussen de verschillende frequenties?
Hieronder bespreken we de bouw van het oor.

Opdracht 1:	**- Duid aan de hand van pijltjes de weg aan dat het geluid aflegt in het oor.** **- Situeer op de tekening, met enkele duidelijke lijnen, de drie grote delen van ons gehoorzintuig en benoem deze delen.**



[47]

Theorie:

Ons gehoorzintuig bestaat uit 3 grote delen:

1. Het uitwendig oor → prikkelopvangend gedeelte
2. Het middenoor → prikkelgeleidend gedeelte (gevuld met lucht)
3. Het inwendig oor → prikkelverwerkend gedeelte (gevuld met vloeistof)

De geluidsreceptoren die de geluidsprikkels verwerken en omvormen tot zenuwimpulsen, liggen in het inwendig oor. Om die reden focussen we ons in het verder onderdeel op het inwendig oor, meer bepaald het slakkenhuis, daarin gaan we op zoek naar onze zogenaamde 'stemvorken'.

[47] https://hoorcentrumaudioplus.be/het-oor

2.7.2 Het inwendig oor

Waar bevinden deze eigenfrequenties zich?

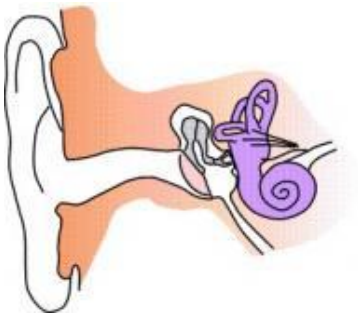
2.7.2.1 Frequenties horen

Welk orgaan is verantwoordelijk voor het horen van verschillende frequenties?

We gaan op zoek naar onze 'stemvorken' in het slakkenhuis!

Het slakkenhuis in het oor, ook wel de cochlea genoemd, vormt ons **gehoororgaan**. Het zorgt voor de omzetting van de door geluid veroorzaakte *mechanische trillingen* in *elektrische signalen*.

Het slakkenhuis is spiraalsgewijs opgerold en heeft een diameter van 2 mm en een lengte van ongeveer 35 mm.



48

Demo experiment:

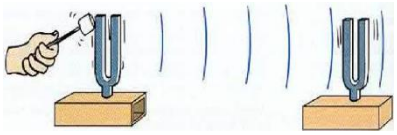
Onderzoeksvraag:
Wat zorgt ervoor dat we verschillende frequenties kunnen horen?

Hypothese: **persoonlijk antwoord van de leerling**

Benodigdheden:

- Twee stemvorken + een hamertje

Uitvoering:



49

1. Plaats twee identieke stemvorken met de klankkasten naar elkaar toe.
2. Sla één van de stemvorken aan en demp deze onmiddellijk met de hand.

Vragen:

Vraag 1:
Laat nu de ene stemvork het geluid voorstellen dat van buiten in je oor komt en de andere stemvork iets in ons slakkenhuis voorstellen dat gaat meeresoneren.
Verklaar hoe je verschillende frequenties kan horen.
Voor elke frequentie dat ons gehoorspectrum kan waarnemen, zal er iets in ons slakkenhuis meeresoneren. In ons slakkenhuis zijn er dus verschillende 'stemvorken' aanwezig.

---

[48] https://dier-en-natuur.infonu.nl/biologie/3762-alles-over-oren.html

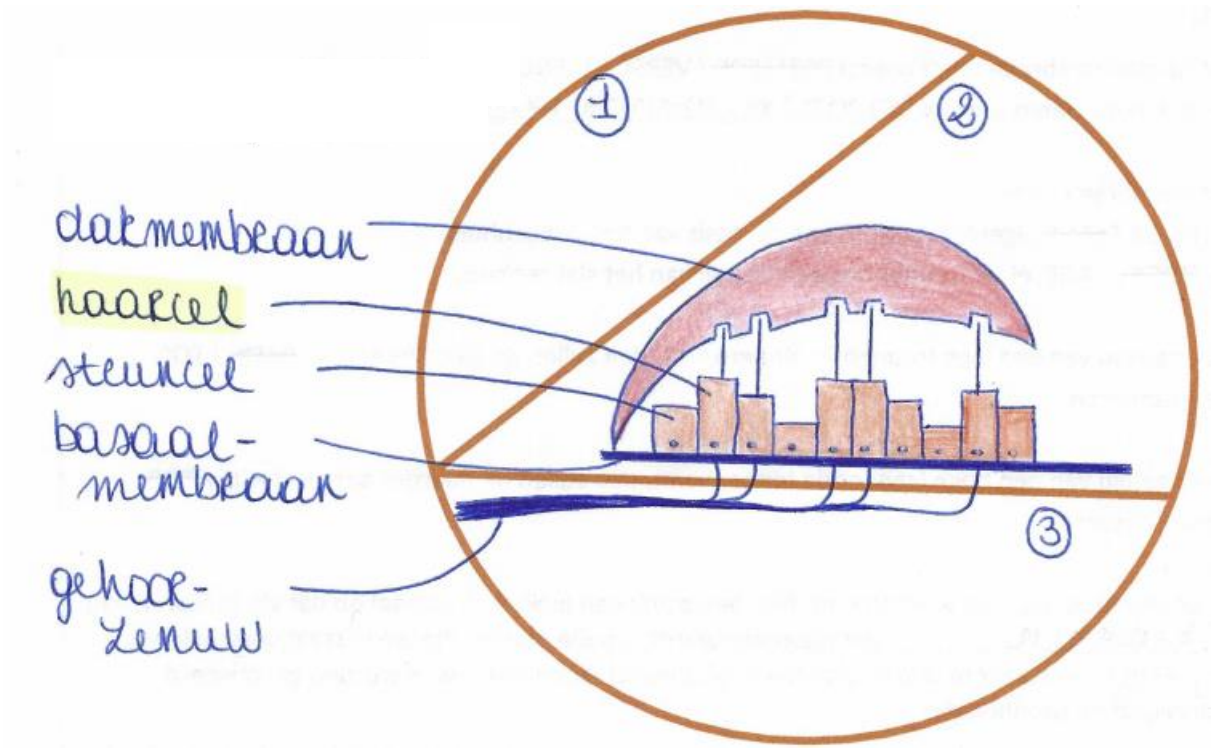
[49] https://physicsexperiments.org/index.php/golven/52-geluid/117-resonerende-stemvork-en

2.7.2.2	**De ‘stemvorken’ in het slakkenhuis** Waar bevinden die ‘stemvorken’ zich in het oor?

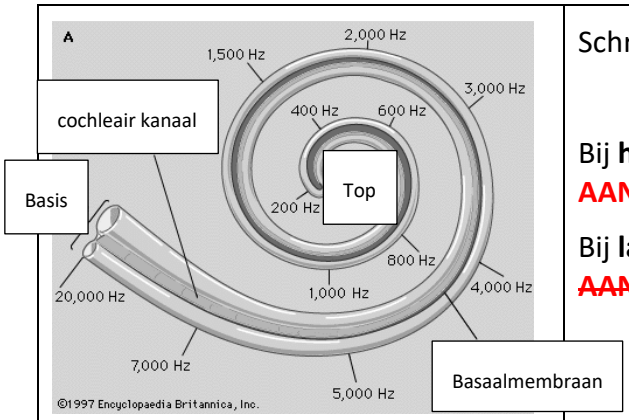
In het slakkenhuis onderscheiden we 3 gangen:

1. **De bovenste gang**
2. **De middengang**
3. **De onderste gang**

Opdracht 1: **Vul de tekening (doorsnede van het slakkenhuis) verder aan:**



Opdracht 2:	**Waar bevinden deze eigenfrequenties zich?** **Op onderstaande afbeelding worden de eigenfrequenties van het basaalmembraan voorgesteld op een opgerold slakkenhuis.** **Analyseer de afbeelding en beantwoord onderstaande vragen.**



[50]

Schrap wat niet past:

Bij **hoge tonen** zal het basaalmembraan trillen **AAN DE BASIS / ~~AAN DE TOP~~** van het slakkenhuis.

Bij **lage tonen** zal het basaalmembraan trillen **~~AAN DE BASIS~~ / AAN DE TOP** van het slakkenhuis.

Opdracht 3:	**Scan de QR-code en bekijk het filmpje met een animatie over het horen van frequenties in het slakkenhuis vanaf 3:40.**

Je ziet een ontrold slakkenhuis met daaronder de weergave van de pianotoetsen.

https://youtu.be/m_9SqIQ0B

Theorie:

In het slakkenhuis staan er dus **duizenden haarcellen** op het **basaalmembraan** ingeplant. Op deze haarcellen rust het **dakmembraan**.
Wanneer ons oor geluiden opvangt van een bepaalde frequentie zal het basaalmembraan op één specifieke plaats trillen waardoor de **haarcellen ombuigen**. Deze ombuiging leidt tot **zenuwimpulsen** die via de gehoorzenuw naar de hersenen worden gevoerd.

[50] http://dewereldvanhetoor.blogspot.com/p/het-binnenoor.html

BESLUIT:

Het basaalmembraan heeft overal ~~**DEZELFDE**~~ **/ VERSCHILLENDE** eigenfrequenties.

'Stemvorken' van ons oor = **basaalmembraan + haarcellen**

Het membraan heeft:

- **HOGE / ~~LAGE~~** eigenfrequenties aan de basis van het slakkenhuis.
- ~~**HOGE**~~ **/ LAGE** eigenfrequenties aan de top van het slakkenhuis.

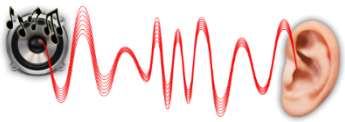
Als er geluid van een lage frequentie binnenkomt, dan zullen de haarcellen aan de ~~**BASIS**~~ **/ TOP**
meeresoneren.

Als er geluid van een hoge frequentie binnenkomt, dan zullen de haarcellen aan de **BASIS / ~~TOP~~** meeresoneren.

De bewegende haarcellen wekken door hun beweging een elektrisch signaal op dat via zenuwen aan de **hersenen** doorgegeven wordt. Naargelang de toonhoogte worden er dus verschillende zenuwen geactiveerd. Hierdoor zijn we in staat verschillende frequenties van elkaar te onderscheiden.

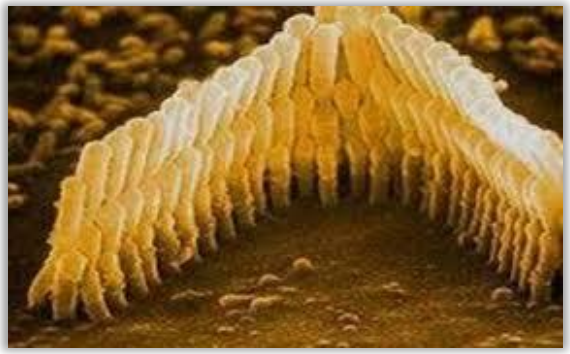
2.7.3 Schade in het slakkenhuis: gehoorverlies

Hoe kunnen we ons gehoorzintuig goed beschermen?


[51]

Gehoorverlies treedt op wanneer de haarcellen in het slakkenhuis beschadigd zijn of als er schade is aan de gehoorzenuw.
Een veel voorkomende oorzaak van gehoorverlies is langdurige blootstelling aan harde geluiden, denk maar aan machines, festivals, oortjes, … We noemen dit **lawaaidoofheid**.

Door deze langdurige blootstelling kunnen de haarcellen zich zo fel ombuigen dat ze niet meer hun oorspronkelijke positie kunnen innemen en beschadigd blijven. We vergelijken dit met een graanveld.

Graanveld in normale toestand	**Graanveld na een enorme regenval**
[52]	[53]
Haarcellen op het basaalmembraan	**Beschadigde haarcellen op het basaalmembraan**
 [54]	[55]

[51] https://www.geluidsmeting.nl/c-3280388/wat-is-geluid/

[52] https://nl.pinterest.com/pin/685743480748959609/

[53] https://huubveldhuijzen.wordpress.com/2013/08/14/spread-in-seasons-graanveld-na-de-storm/

[54] http://dewereldvanhetoor.blogspot.com/p/het-binnenoor.html

[55] http://dewereldvanhetoor.blogspot.com/p/het-binnenoor.html

Opdracht 1:

Bekijk de kortfilm 'ruis' die gaat over de gehoorschade die Dietrich Hectors opliep. 'Ruis' vertelt het waargebeurd verhaal van een jongeman met ernstige gehoorschade.

Beantwoord na het bekijken van de video onderstaande vragen.

1. Wat heeft in de film de gehoorschade van het hoofdpersonage Stef veroorzaakt?

   Te luide muziek doorheen een koptelefoon / hoofdtelefoon.

2. Hoe ervaart Stef zijn gehoorschade?

   "Muziek is een goeie maat waarvan ik afscheid heb moeten nemen."

   "De schreeuw: Elk geluid drukt op mij. → wanhopig"

3. Hoe beïnvloed gehoorschade het leven van het hoofdpersonage?

   Zijn broer zet de radio uit, tuinslang in de emmer, slapen met de tv …

4. Wat neem je zelf mee uit deze voorstelling? Op welke manier gaat deze film jouw toekomstig gedrag veranderen?

   Persoonlijk antwoord van de leerling

Theorie:

Tinnitus of **oorsuizen** is het waarnemen van geluid in het oor of in het hoofd zonder dat er een geluidsbron in de omgeving aanwezig is. Tinnitusgeluiden kunnen zich op verschillende manieren uiten waaronder als gepiep of geruis.

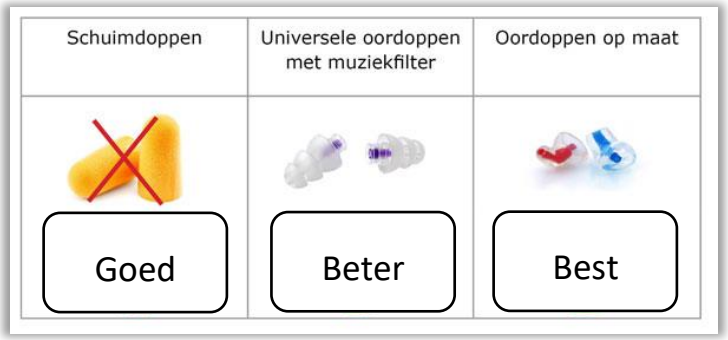
[56]

[56] https://omgeving.vlaanderen.be/gehoorschade

Hoe kunnen we gehoorverlies voorkomen? Hieronder kan je enkele tips terugvinden.

- Draai de volumeknop niet te hoog (60 – 70%). → gsm-waarschuwing
- Las tijdens muziekoptredens/festivals zo nu en dan een 'geluidspauze' in.
- Neem nooit plaats naast de speakers.
- Beluister de muziek met een hoofdtelefoon in plaats van met oordopjes. Oordopjes creëren een hoger geluidsniveau in de gehoorgang, bij een hoofdtelefoon ligt dit niveau aanzienlijk lager.
- Draag kwalitatief **goede gehoorbescherming** op maat.

58

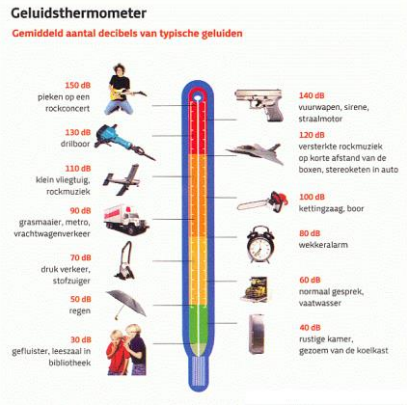


57

- Bij het organiseren van evenementen, respecteer je de geluidsgrens van 100 decibel.
- Eet gezond, want een goed uitgebalanceerd voedingspatroon met veel antioxidanten en goede vetten zorgt voor extra bescherming van de gehoorgang.
- Pas op met (mee)roken: vanwege een gestremde bloedtoevoer naar de oren is het mogelijk dat je op termijn minder hoort.
- Kijk uit met medicijnen die kunnen leiden tot gehoorverlies.

Sinds 2012 geldt er een maximale geluidsgrens van 100 decibel op festivals. Hieronder kan je een overzicht terugvinden dat duidelijk weergeeft welke geluiden wij als hoorbaar, stil, hinderlijk en in sommige gevallen zelfs als pijnlijk ervaren.

59



60

[57] https://www.lerenwinnen.nl/theorie/leren-en-of-presteren

[58] https://www.ggdbzo.nl/jongeren/gehoorschade/Paginas/Gehoorschade-door-uitgaansmuziek.aspx

[59] https://www.klinktgoed-gehoorbescherming.nl/over-ons/wanneer-gehoorbescherming/

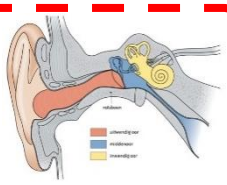
[60] https://maykewermelink.wordpress.com/2016/05/18/jongeren-en-lawaai-onschuldig-of-gevaarlijk/

2.7.4 Synthesemoment

Heeft het horen iets te maken met eigentrillingen?

Bouw van het oor:

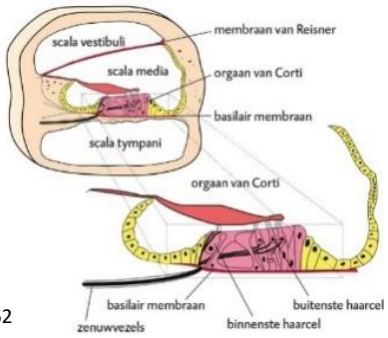
1. Het uitwendig oor → prikkelopvangend gedeelte
2. Het middenoor → prikkelgeleidend gedeelte
3. Het inwendig oor → prikkelverwerkend gedeelte



61

De zogenaamde 'stemvorken' in het inwendig oor:

In het slakkenhuis staan er **duizenden haarcellen** op het **basaalmembraan** ingeplant. Op deze haarcellen rust het **dakmembraan**.
Wanneer ons oor geluiden opvangt van een bepaalde frequentie zal het basaalmembraan op één specifieke plaats trillen waardoor de **haarcellen ombuigen**.
Deze ombuiging leidt tot **zenuwimpulsen** die via de gehoorzenuw naar de hersenen worden gevoerd.
→ Hoge tonen: trilling aan de basis van het slakkenhuis
→ Lage tonen: trilling aan de top van het slakkenhuis

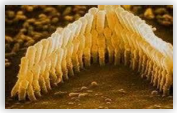


62

Schade in het slakkenhuis:

Gehoorverlies treedt op wanneer:
- de haarcellen in het slakkenhuis beschadigd zijn
- er schade is aan de gehoorzenuw

!!! Draag kwalitatief goede gehoorbescherming !!!
Andere tips zie p. 77



LESDOELEN	
❑	**Ik kan het gehoorzintuig in drie grote delen opsplitsen en deze correct benoemen.**
❑	**Ik kan het fenomeen 'resonantie' gebruiken om de werking van het oor te verduidelijken & uit te leggen waar we hoge en lage tonen waarnemen.**

Hoe duidelijk vond je dit hoofdstuk?

Onduidelijk

Redelijk duidelijk

Duidelijk

[61] https://documen.site/download/powerpoint-presentatie-5ad6021cb21ee_pdf

[62] https://www.natuurkunde.nl/artikelen/3455/de-wondere-wereld-van-het-oor

2.8 Begrippenlijst

2.2 Onderzoeksvraag 1: Wat is geluid en hoe ontstaat het?

DE SNAAR

Strak gespannen draad van metaal of plastic. Een viool heeft bijvoorbeeld snaren.

DE GELUIDSBRON
Een voorwerp dat geluid maakt door te trillen.

GELUID
Geluid ontstaat door het trillen van een geluidsbron.

TOONVORMING
De manier waarop instrumenten toon voortbrengen.

CHORDOFOON

Instrumenten die geluid produceren door de trilling van een snaar.

AEROFOON
Instrumenten die geluid produceren door de trilling van lucht.

IDIOFOON

Instrumenten die geluid produceren door in hun geheel te trillen.

MEMBRANOFOON
Instrumenten die geluid produceren door de trilling van een vel.

2.3 Onderzoeksvraag 2: Wat is toonhoogte en frequentie?

DE GROOTHEID
Een grootheid is iets wat je kan meten. Enkele voorbeelden hiervan zijn: lengte, oppervlakte, tijd, luchtdruk, inhoud en snelheid.

DE EENHEID
Een eenheid is een afgesproken hoeveelheid waarin je de grootheden meet.

Enkele voorbeelden hiervan zijn: meter, vierkante meter, jaar, hPa, liter en km/u.

DE HERTZ
De eenheid van frequentie.

$$2\ Hz = 2\ \frac{trillingen}{s}$$

DE TOONHOOGTE
De toonhoogte wordt weergegeven door het aantal trillingen per seconde, de frequentie.

DE FREQUENTIE
Het aantal trillingen per seconde.

GEHOORSPECTRUM
De waaier van frequenties dat het menselijk gehoorzintuig kan waarnemen.
16 Hz – 20 000 Hz.

HET STEMBEREIK

Het bereik van toonhoogtes die een menselijke stem kan produceren.

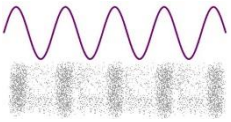
ULTRATONEN

Geluiden met een frequentie hoger dan 20 000 Hz.

INFRATONEN
Geluiden met een frequentie lager dan 16 Hz.

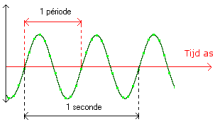
2.4 Onderzoeksvraag 3: Hoe plant geluid zich voort?

DE GELUIDSGOLF
Geluidsgolven zetten de lucht, waardoor het geluid zich voortplant, in beweging.



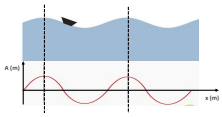
HET MEDIUM
Een medium of middenstof is de materie waardoor een golf zich voortplant. Bijvoorbeeld: lucht, water…

DE PERIODE
De tijd die een golf erover doet om zichzelf te herhalen.

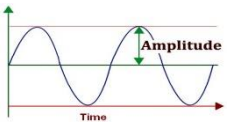


DE GOLFSNELHEID
De voortplantingssnelheid van de golf.

DE GOLFLENGTE
De afstand die een golf aflegt om zichzelf te herhalen.



DE AMPLITUDE
De uitwijking van de golf.



2.5 Onderzoeksvraag 4: Hoe laten we andere voorwerpen meetrillen? ?

RESONANTIEFREQUENTIE
De frequentie waarop een bepaald voorwerp zal trillen.

GRONDTOON
De eerste resonantiefrequentie van een voorwerp.

BOVENTOON
Een boventoon vormt een veelvoud van de grondtoon. Deze resonantiefrequentie is dus hoger dan de grondtoon.

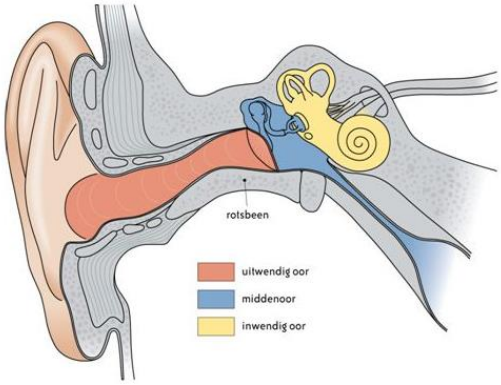
2.7 Onderzoeksvraag 6: Heeft het horen iets te maken met eigentrillingen?

DE BOUW VAN HET OOR (3 delen)

1. Het uitwendig oor
   → prikkelopvangend gedeelte

2. Het middenoor
   → prikkelgeleidend gedeelte

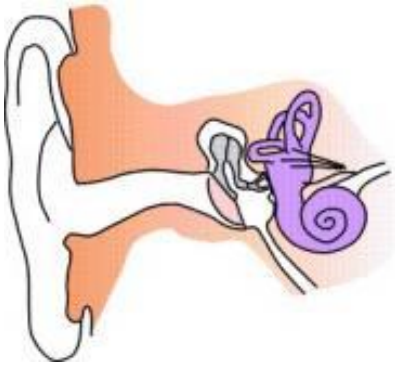
3. Het inwendig oor
   → prikkelverwerkend gedeelte



HET SLAKKENHUIS

Kenmerken van het slakkenhuis:

- Spiraalgewijs opgerold
- Diameter van 2 mm
- Lengte van 35 mm



Het slakkenhuis, ook wel de cochlea genoemd, vormt ons gehoororgaan.

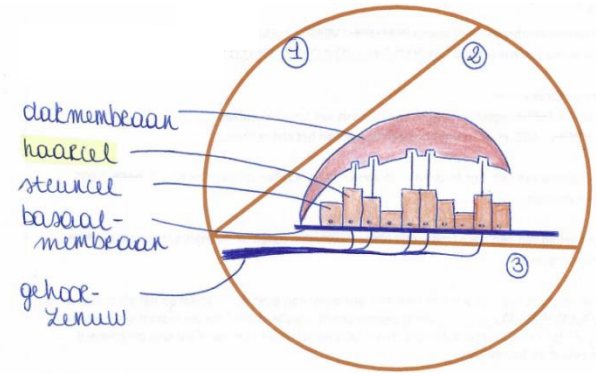
De mechanische trillingen worden hier omgezet in elektrische signalen.

DRIE GANGEN IN HET SLAKKENHUIS

1. De bovenste gang

2. De middengang

3. De onderste gang



HAARCEL

Deze duizenden haarcellen staan
ingeplant op het basaalmembraan.

Op deze haarcellen rust het
dakmembraan.

Wanneer ons oor geluiden opvangt van een bepaalde frequentie zal het basaalmembraan op één specifieke plaats trillen waardoor de haarcellen ombuigen. Deze ombuiging leidt tot zenuwimpulsen die via de gehoorzenuw naar de hersenen worden gevoerd.

→ Hoge toon: trilling aan de basis van het slakkenhuis
→ Lage toon: trilling aan de top van het slakkenhuis

LAWAAIDOOFHEID

Een langdurige blootstelling aan harde geluiden is een veel voorkomende oorzaak van gehoorverlies. Gehoorverlies treedt op wanneer:
- de haarcellen in het slakkenhuis beschadigd zijn
- er schade is aan de gehoorzenuw

De bouw van een klankkast

3 Probleemstelling

Zoals in voorgaande onderdelen reeds duidelijk werd, is geluid een belangrijk aspect van ons leven. Veel mensen houden ervan om naar muziek te luisteren en ook tv kijken zou niet hetzelfde zijn moest er geen geluid aanwezig zijn. Langs de andere kant kan geluid ook een storende impact hebben wanneer we ons bijvoorbeeld moeten concentreren.

Onze smartphone zorgt ervoor dat we in staat zijn om te bellen, filmpjes te bekijken, surfen op het internet … Het is dus een gebruiksvoorwerp waar we dagelijks mee in contact komen. Dankzij dit handige toestel zijn we in staat om naar onze favoriete artiesten te luisteren. Alleen is het jammer dat onze gsmluidspreker vaak schelle klanken produceert en dat we het geluid niet optimaal kunnen versterken. Hierdoor kan het geluid geen grote afstand overbruggen.

Het zou een enorme meerwaarde bieden wanneer we in staat zijn om dit geluid te versterken. Op dat moment kan je met meerdere mensen genieten van de muziek. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer je met vrienden een tuinfeestje organiseert of ervoor kiest om te gaan skaten in het skatepark.

Logischerwijs kan je dit probleem oplossen door je gsm te koppelen aan een externe speaker. In dit project kiezen we ervoor om zelf aan de slag te gaan en maken we dus geen gebruik van een externe speaker.

In volgend onderdeel zullen we dus zelf een klankkast voor onze smartphone ontwerpen en deze vervolgens bouwen.

De klankkast die wij ontwerpen en bouwen, moet aan volgende criteria voldoen:

- De klankkast is stevig.
- Je gsm moet passen in de voorziene gleuf van de klankkast. Dit wil zeggen dat de gleuf per gsm-type verschillend kan zijn.
- De klankkast versterkt het geluid dat wordt geproduceerd door onze gsm.
- De kwaliteit van het geluid gaat niet verloren.

In dit project zullen jullie volgende uitvoering ondernemen:

1. Je zal je klankkast zelf uittekenen in Google Skechtup. Houd er dus rekening mee dat dit in functie is van jouw eigen smartphone.
2. Bepaalde onderdelen worden uitgesneden met de lasercutter.
3. Voor andere onderdelen zal je met behulp van handgereedschap aan de slag gaan.
4. Tot slot worden de verschillende onderdelen gemonteerd tot één geheel. Gebruik hiervoor de tekeningen die je kan terugvinden in deze cursus.

3.1 Criteria gesteld aan de klankkast

In voorgaand onderdeel van dit project hielden we ons bezig met het onderzoek rond het thema 'geluid'. Aan de hand van de verschillende besluiten steken we nu onze handen uit de mouwen en gaan we praktijkgericht aan de slag.

We hebben reeds besproken dat het **volume** en de **kwaliteit** van het geluid afhankelijk is van een aantal factoren. Hieronder sommen we een aantal van deze factoren op:

- De kwaliteit van je smartphonespeaker
- Het muziekgenre (veel hoge tonen, veel bastonen …)
- Het materiaal dat we hanteren voor de bouw van onze klankkast
- De afmetingen en de vormgeving van de klankkast
- …

Aangezien het onmogelijk is om de perfecte klankkast te ontwerpen, leggen we de focus op onderstaande criteria. Belangrijk is dat we hier kort over brainstormen. Deze brainstorm volgt op volgende bladzijde. Lees eerst aandachtig onderstaande criteria door.

- De klankkast moet het geluid hoorbaar versterken.
- De kwaliteit van het geluid gaat niet verloren (geen doffe of schelle klank).
- De klankkast is stevig en staat stabiel.
- We hanteren een akoestische versterking (zonder elektriciteit).
- De klankkast versterkt vooral lage tonen.
- Het trillingsoppervlak bevat een lengte van circa 25 cm.
- Het geluid wordt naar het oor gericht.
- Het ontwerp van de klankkast bevat een lage kostprijs.
- De klankkast is makkelijk vervoerbaar.

64

63

[63] https://www.lumberjocks.com/projects/174514

[64] https://trobla.nl/

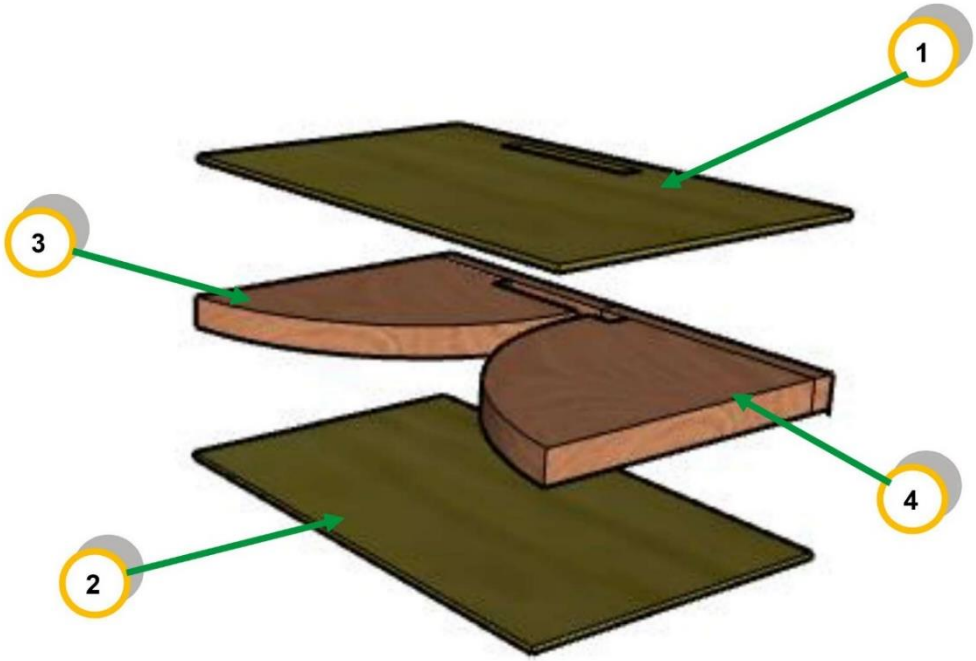
3.2 Criteria ontwerp

We gaan een klankkast maken uit hout. Voor het ontwerp wordt rekening gehouden met de besluiten die getrokken werden uit het project “STEMmige muziek”.

Je gaat nu zelf een klankkast uittekenen en maken. Raadpleeg de onderzoeksopdrachten. In de eerste kolom van de tabel staan alle criteria waaraan je klankkast moet voldoen. Noteer per criteria de mogelijke oplossing. Brainstorm hierover in verschillende groepjes

Gestelde criteria	Mogelijke oplossing
Het geluid hoorbaar versterken	
Kwaliteit behouden: niet te dof of te schel klinken	
Stevig en stabiel	
Lage tonen versterken	
Een groot trillingsoppervlak hebben met een breedte van 25 cm	
Het geluid naar het oor richten	
Lage kostprijs	
Gemakkelijk te vervoeren	

3.3 Stuklijst



04	1	Tussenplaat rechts	Grenen massief hout	210 x 150 x 20 mm
03	1	Tussenplaat links	Grenen massief hout	210 x 150 x 20 mm
02	1	Bodemplaat	Berken triplex	300 x 210 x 4 mm
01	1	Dekplaat	Berken triplex	300 x 210 x 4 mm
STUK-NR	AAN-TAL	BENAMING	MATERIAAL	NORM RUWE MAAT
Schaal 1:1		**Onderdelen**		Spectrum college en je kan alle richtingen uit.
		SPECTRUMCOLLEGE BERINGEN		KBH – 1.1	A4

3.4 Sketchup

Bij het tekenen en maken van werkstukken wordt in de industrie gebruik gemaakt van CAD - en CAMsystemen. Ook Sketchup is een CAD-programma.

CAD Computer Aided Design	Tekenen en/of ontwerpen met behulp van de computer.
CAM Computer Aided Manufacturing	Maken van metalen, houten of kunststof met behulp van computergestuurde machines.

3.4.1 Wat is sketchup?

[65]

SketchUp is een 3D tekenprogramma – 3D moduleer programma dat het toelaat snel en makkelijk een 3D model – 3D voorstelling te maken op een computer.

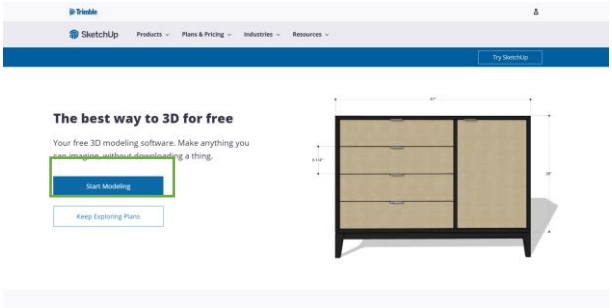
Wat heb je nodig?

- Google account
- Internet connectie
- Een aanbevolen webbrowser
  - Chrome
  - FireFox
  - Microsoft Edge
- Een computer of laptop

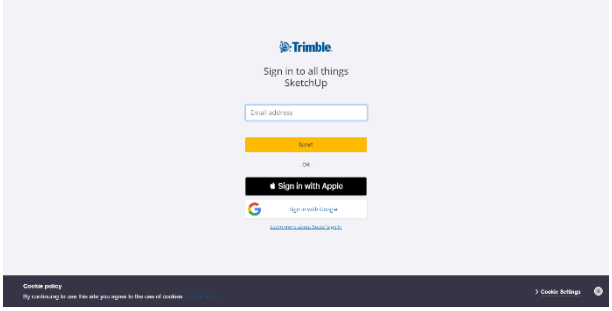
[65] https://sketchup3d.be/wat-is-sketchup/

Opstart

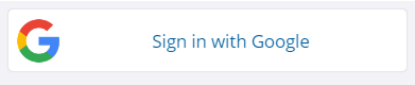
1. Ga naar https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free



2. Klik op ‘Start modeling’

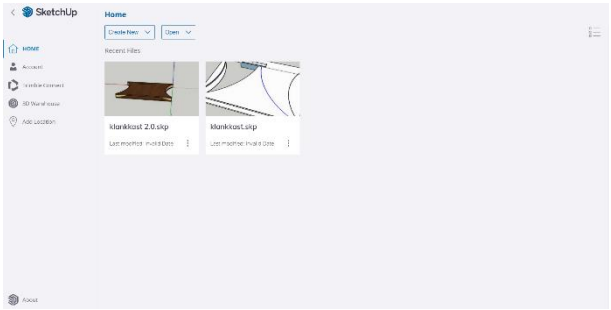


3. Klik op het volgende icoontje:



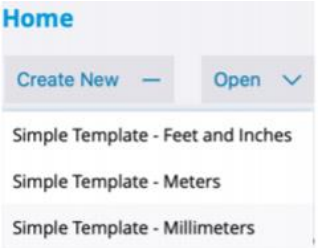
4. Log in met jouw persoonlijk gmail account.

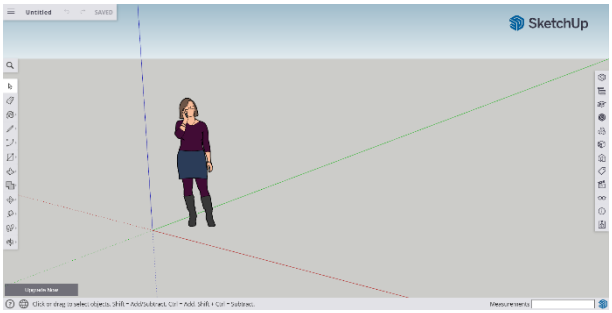
5. Na het inloggen krijg je het laadscherm te zien.



6. Na het laden kom je op het startscherm van Google Sketchup terecht.
7. Klik op het volgende icoontje:

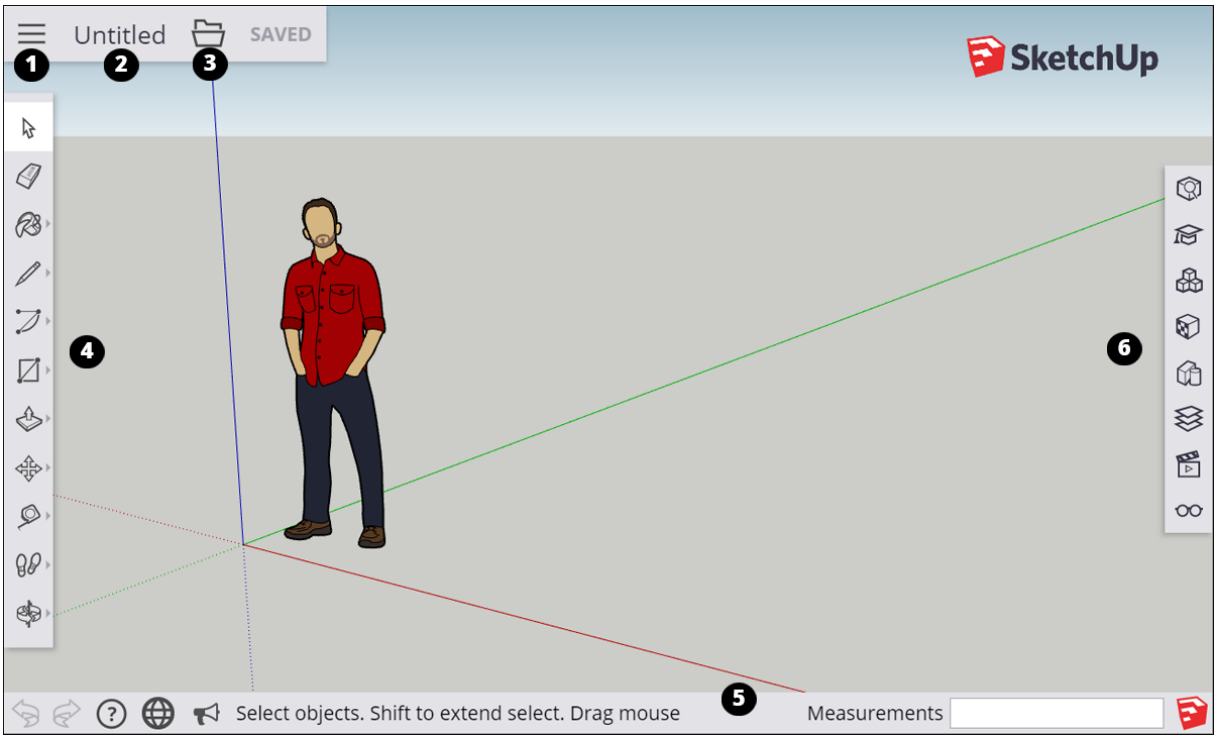
8. Klik nu op ‘Simple Template – Millimeters’





9. Je krijgt het volgende scherm te zien.
10. Klik op de persoon en duw de ‘del’ toets in op je toetsenbord om de afbeelding te verwijderen.
11. Ziezo! Je bent klaar om aan de slag te gaan met Google Sketchup.

Overzicht Google Sketchup tekenprogramma



1. Open / Modelvoorkeuren-pictogram:
   Wanneer u op dit pictogram in de linkerbovenhoek klikt, wordt een zijbalk geopend waar u een sectie Over SketchUp vindt, uw accountinformatie, sjablonen voor het maken van nieuwe modellen, deze zijn opgeslagen in Trimble Connect, een geolocatietool, het model Infopaneel en een link om uw model naar 3D Modellen te uploaden.
2. Modelnaam: klik op ‘untitled’ en verander de naam van je ontwerp.
3. Mapje: klik op dit icoontje om je ontwerp te downloaden, een bestand te openen of je ontwerp op te slaan.
4. Toolbar: de toolbar bevat gereedschappen om je 3D model te creëren.
5. Statusbalk: van links naar rechts, vind je:
   a. Ongedaan knop
   b. Opnieuw doen knop
   c. Link naar het helpcentrum
   d. Talenmenu
   e. Link naar het ShetchUp forum
   f. Tips en opties voor de geselecteerde tools
   g. Measurements box: afstanden ingeven tijdens het tekenen of afstanden aflezen.
6. Panelen: klik op deze iconen om de panelen te selecteren.

Toolbar

Dit programma bevat een heel aantal tools om je ontwerpen vorm te geven.
Hieronder vind je een lijst van de verschillende tools die wij zullen gebruiken.

Met je muis kan je zaken selecteren.

Klik op je ontwerp. Bij het inhouden van de CRTL -toets kan je meerdere zaken selecteren. Ook kan je klikken en slepen om een selectiebox te creëren. Wat je selecteert zal blauw omkaderd worden.

Met de gom kan je lijnen, oppervlakten en andere zaken verwijderen.

Klik met de gom op de lijnen, oppervlakten en andere zaken om ze te verwijderen.
Foutje gemaakt? Klik dan op de ongedaan knop onderaan het scherm.

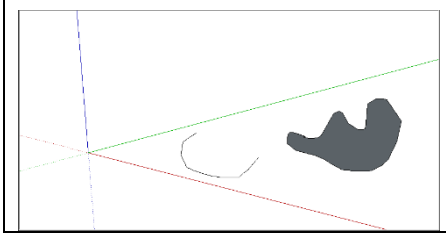
Met de verfpot kan je oppervlakten een kleur geven.

Door op oppervlakten te klikken, kan je de oppervlakten kleuren of textuur geven.

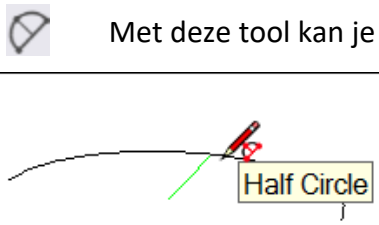
Met het potlood kan je rechte lijnen tekenen.

Als je een lijn tekent, gaat de lijn de kleur krijgen van de as. Dit gebeurt enkel en alleen wanneer de rechte evenwijdig loopt met die as.
Je kan met je numeriek toetsenbord de afstand van de lijn ingeven.

Met deze tool kan je zelf met de losse hand gebogen lijnen tekenen.



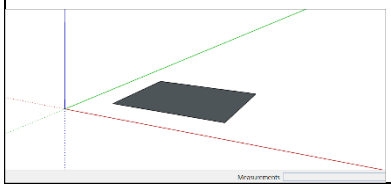
Met behulp van deze tool kan je zelf getekende figuren maken.



Met deze tool kan je een rechte selecteren en deze doen buigen.

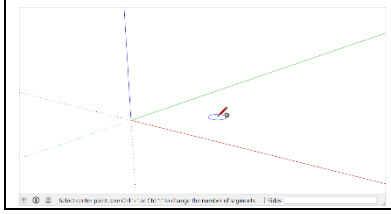
1. klik op de plaats waar het startpunt is van de boog.
2. Klik nu op de plaats van het eindpunt. Je kan eventueel een lengte ingeven bij de Measurements box.
3. Beweeg je muis loodrecht ten opzichte van de rechte lijn waar je de boog wilt op plaatsen. Ook hier kan je de lengte ingeven bij de Measurements box.

Met de rechthoek kan je rechthoeken en vierkanten tekenen.



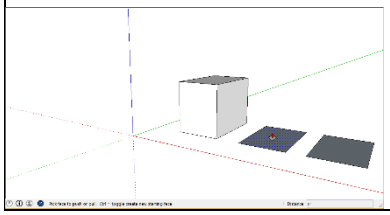
Je kan klikken op een punt en slepen om een rechthoek of vierkant te maken.

Met de cirkel kan je cirkels tekenen met een zelf gekozen straal.



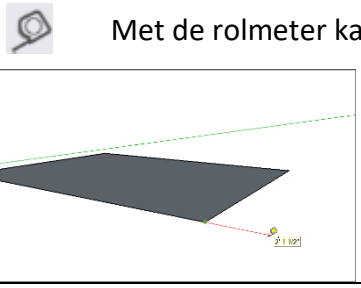
Klik op je scherm om het middelpunt te bepalen. Sleep vervolgens om de straal te bepalen. Je kan eventueel de straal ingeven in de Measurements box.

Met deze tool kan je oppervlakten in 3D verplaatsen zodat het vergroot of verdwijnt.



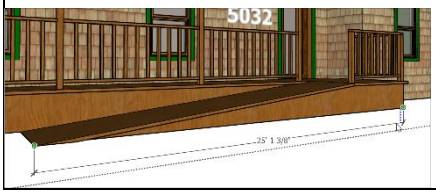
Je kan een oppervlakte selecteren. Je kan je muis bewegen in de richting waarin je het oppervlak wilt laten vergroten of verdwijnen.

Met deze tool kan je tekeningen verplaatsen of kopiëren.



Met de rolmeter kan je lengtes afmeten.

klik op 2 punten en meet de afstand.



Met deze tool worden de lengtes die jij aanduidt weergegeven.

Klik op het begin en eindpunt. De afstand verschijnt op het ontwerp.

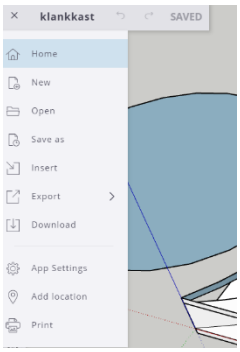
	Met deze tool kan je ronddraaien.

	Met het handje kan je jouw zicht naar links, rechts, boven of onder verplaatsen.

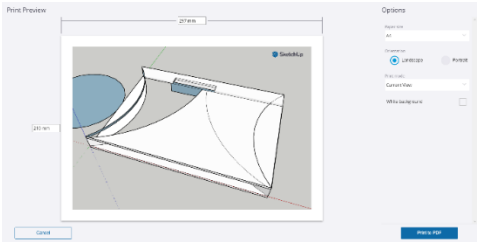
Klaar met je ontwerp ?

Je ontwerp afdrukken

1. Klik op de 3 streepjes bovenaan.

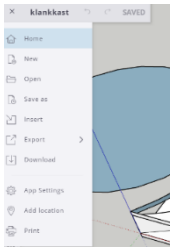


2. Klik op ‘print’

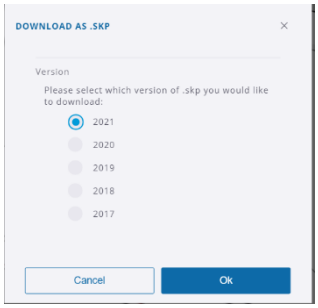


3. Selecteer welke instellingen je juist nodig hebt.
   Pas deze aan om een zo duidelijk mogelijk overzicht te hebben van je ontwerp.
4. Klik op ‘print to pdf’.

Je ontwerp doorsturen naar de leerkracht



1. Klik op de 3 streepjes bovenaan.
2. Klik op ‘download’.



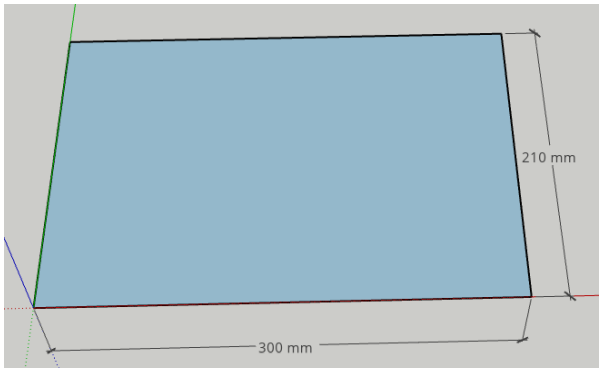
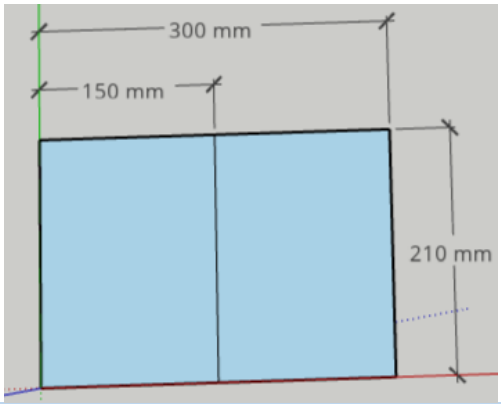
3. Selecteer het jaartal 2021.
4. Klik op ‘Ok’.
5. Stuur het bestand door naar de leerkracht.

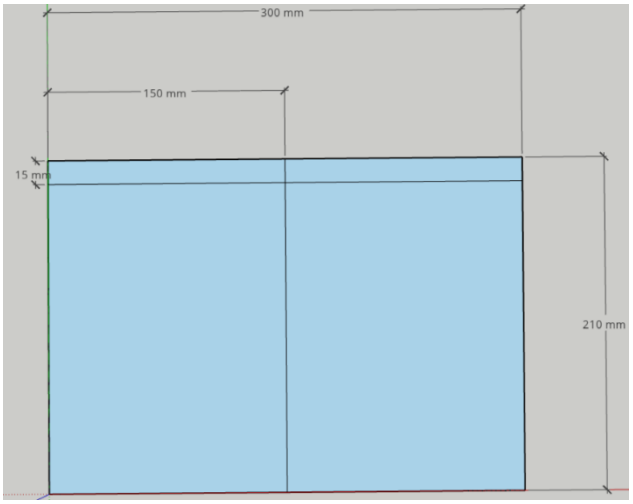
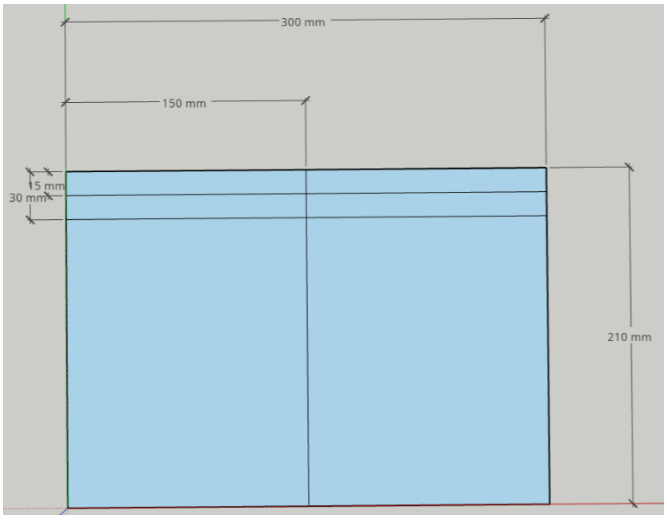
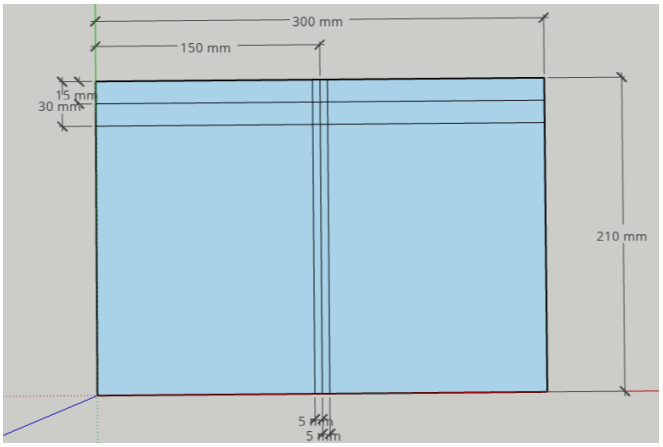
3.5 Het tekenen van de klankkast

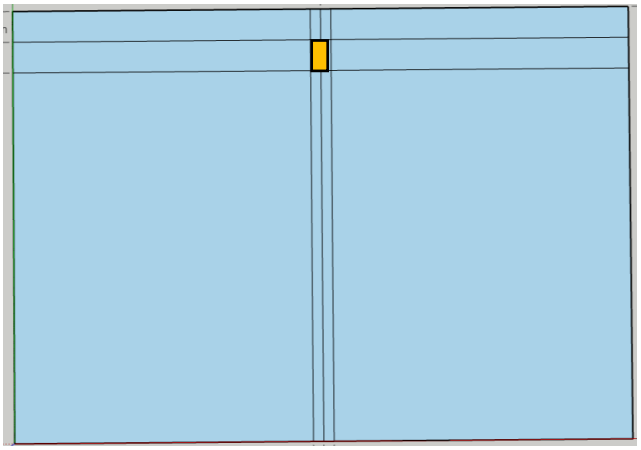
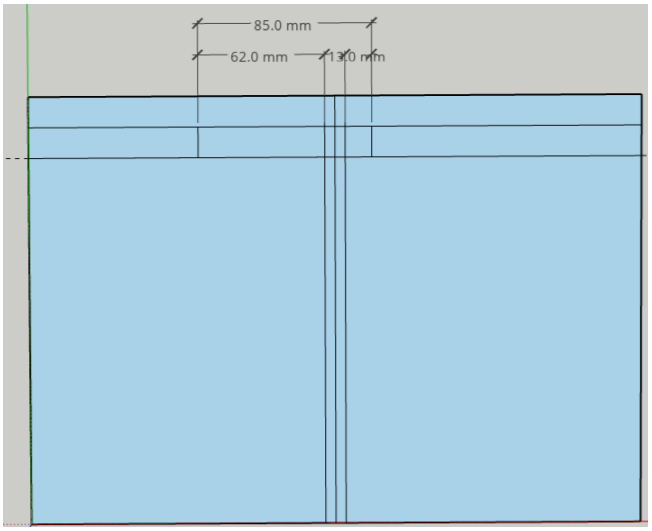
In het vorig onderdeel van de bundel konden jullie zien hoe Sketchup werkt. Nu zullen we zelf aan de slag gaan met het tekenen van onze eigen klankkast. Tijdens het tekenen zullen we een onderscheid moeten maken tussen de verschillende onderdelen van onze klankkast. Namelijk de dekplaat, de tussenplaten en de grondplaat.

Het tekenen van de dekplaat

De dekplaat is een belangrijk onderdeel van onze klankkast. Dit komt omdat onze smartphone in de voorziene gleuf moet passen. Tijdens het ontwerp is het dus belangrijk dat je rekening houdt met de specifieke afmetingen van jouw gsm. De afmeting van onze klankkast bedraagt 300 mm X 210 mm.

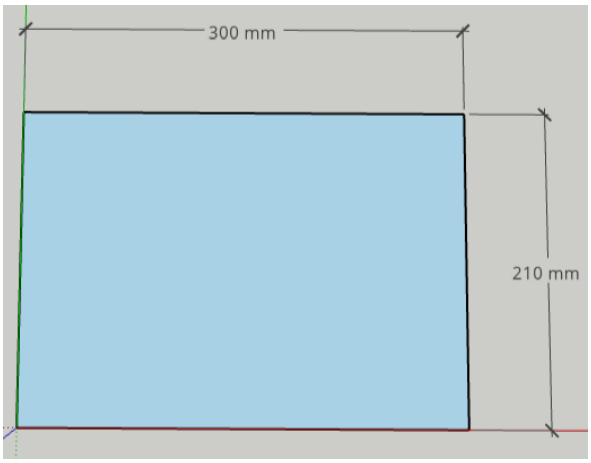
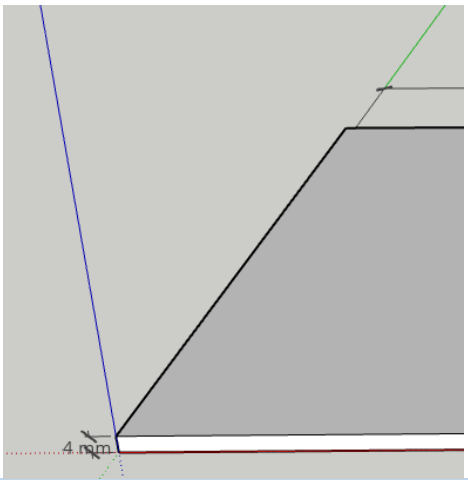
	1. Teken een rechthoek met afmetingen 300 x 210 mm
	2. Teken op 150 mm van de zijkant een verticale lijn.

	3. Teken op 15 mm van de zijkant een horizontale lijn.
	4. Teken een tweede horizontale lijn op 30 mm van de zijkant.
	5. Teken aan elke kant van de middenlijn (telkens op 5mm) een verticale lijn.

	6. De oranje rechthoek geeft duidelijk weer waar de speaker van onze gsm komt te zitten.
	7. Nu is het aan jou! Bepaal de afmetingen van je gsm en bekijk de speaker van jouw gsm. Waar bevindt deze zich? De speaker van jouw smartphone zal zich situeren in het oranje kadertje. Teken op je tekening twee lijnen die duidelijk aangeven waar je gsm komt te staan. Let wel op!!! Tel hier 10 mm bij om ervoor te zorgen dat de gsm voldoende speling heeft. Op de tekening hiernaast wordt een voorbeeld weergegeven.

Het tekenen van de grondplaat

Vervolgens kiezen we ervoor om de grondplaat uit te tekenen. Daarna worden de tussenplaten hierop gemonteerd.

	1. Teken een rechthoek met afmetingen 300 x 210 mm.
	2. Geef deze plaat een dikte van 4 mm.

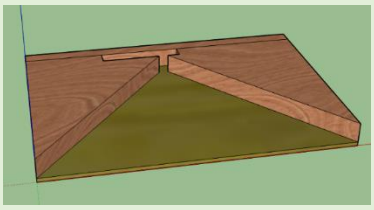
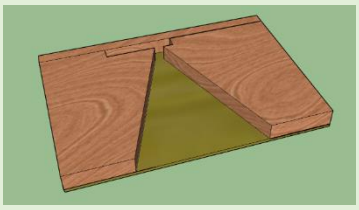
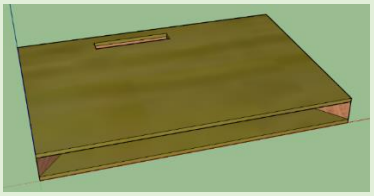
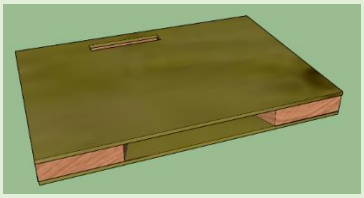
Het tekenen van de tussenplaten

De tussenplaten vormen het belangrijkste onderdeel van onze klankkast. Dit onderdeel zorgt er namelijk voor dat het geluid optimaal versterkt wordt.

Hieronder kan je de tekeningen terugvinden van **drie verschillende realisaties**.

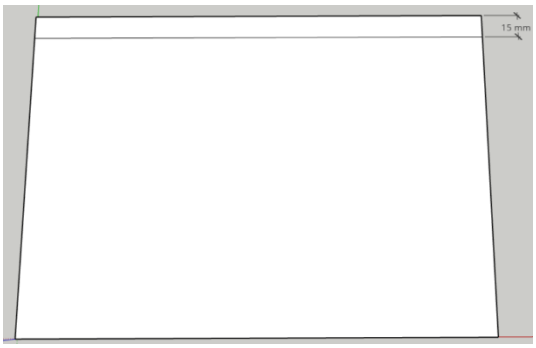
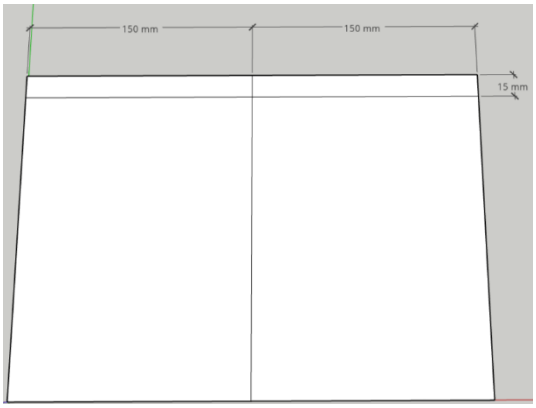
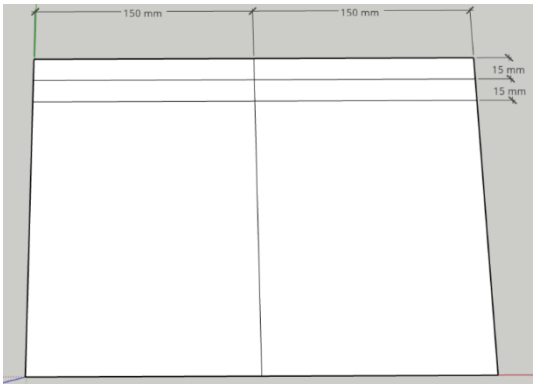
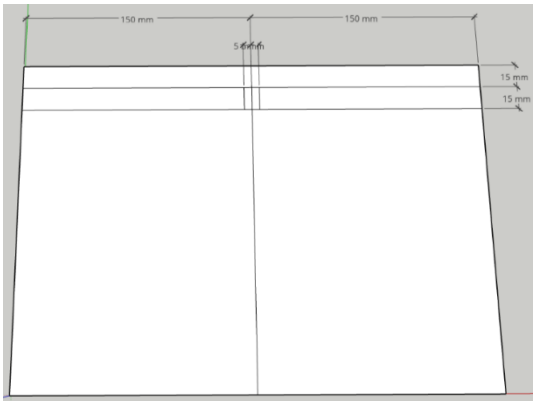
Bij de eerste twee realisaties merk je dat de tussenplaten rechte zijden bevatten. Realisatie 1 bevat een bredere uitgang dan realisatie 2.
Bij de laatste realisatie merk je dat de tussenplaten worden afgebogen en de uitgang dus niet wordt gevormd door rechte zijden, maar door gebogen zijden.

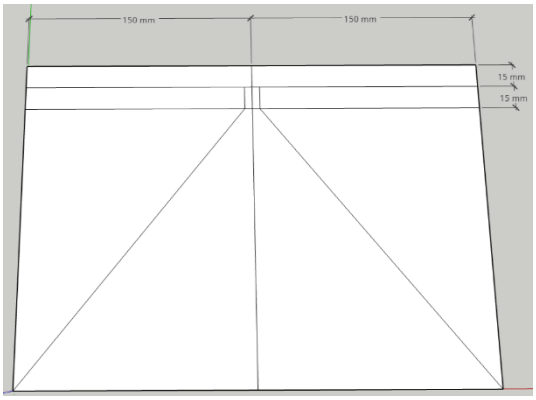
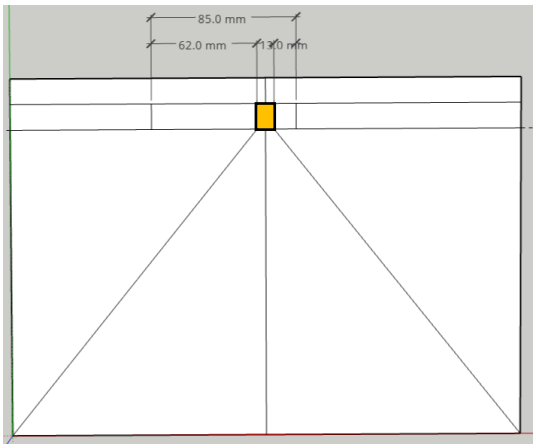
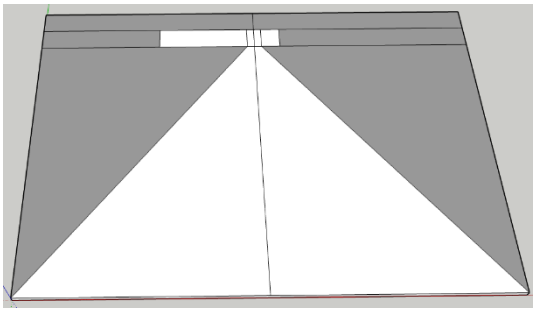
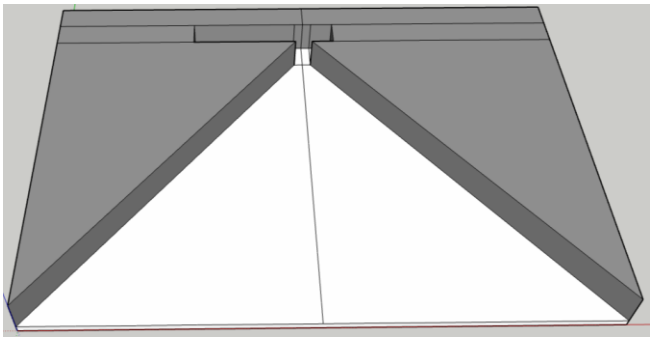
Voor je aan de slag gaat, kies je 1 van onderstaande ontwerpen. Vervolgens neem je het correcte stappenplan bij de hand en teken je dit ontwerp verder uit. Volg de stappen nauwlettend op en vraag indien nodig extra uitleg aan je leerkracht.

Realisatie 1	Realisatie 2	Realisatie 3
		
		

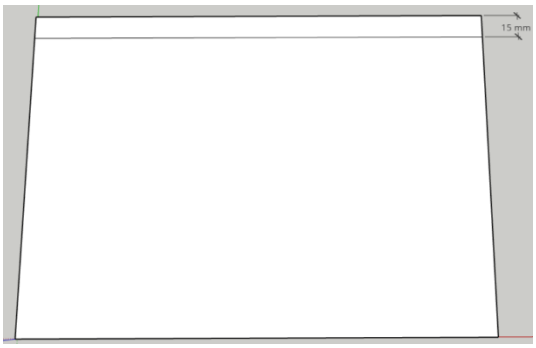
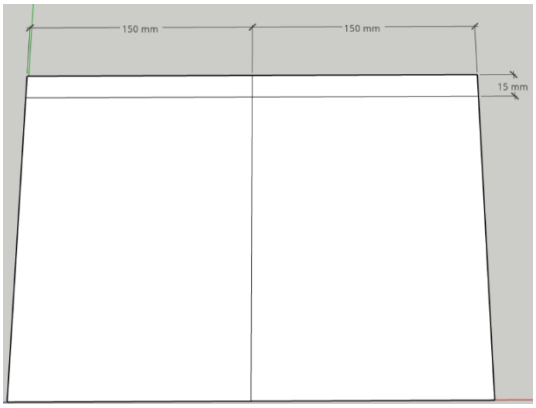
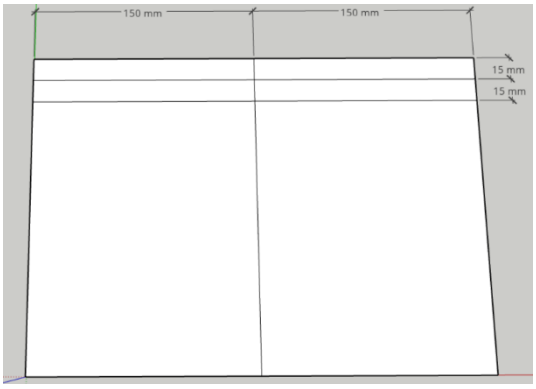
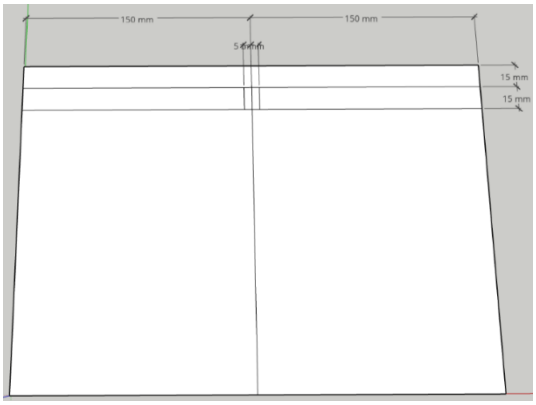
Voor deze tekening open je terug het bestand van je grondplaat en tegen je hierop verder.

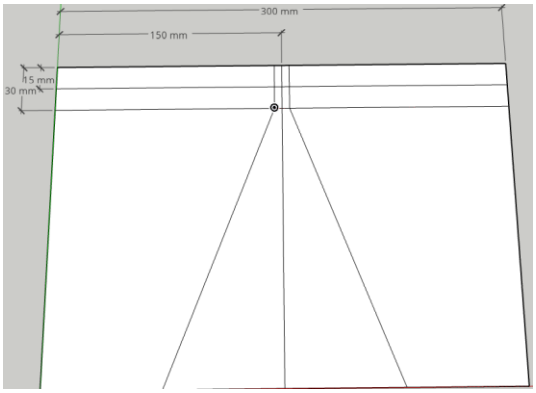
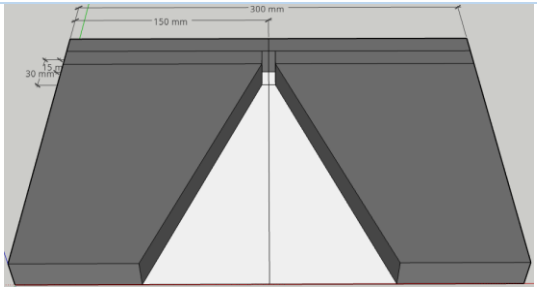
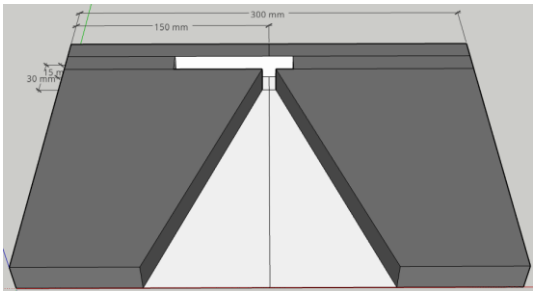
Realisatie 1

	1. Teken een horizontale lijn op 15 mm van de bovenkant.
	2. Teken op 150 mm van de zijkant een verticale lijn.
	3. Teken een tweede horizontale lijn op 30 mm van de bovenkant.
	4. Teken aan elke kant van de middenlijn (telkens op 5mm) een verticale lijn.

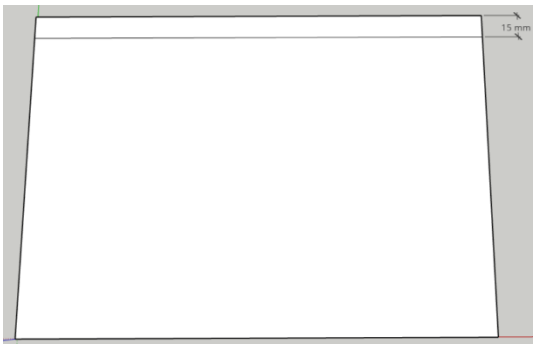
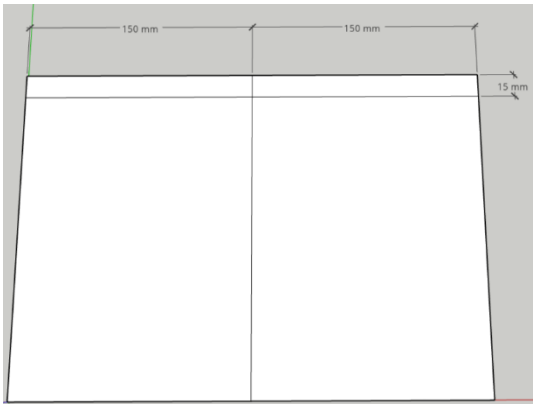
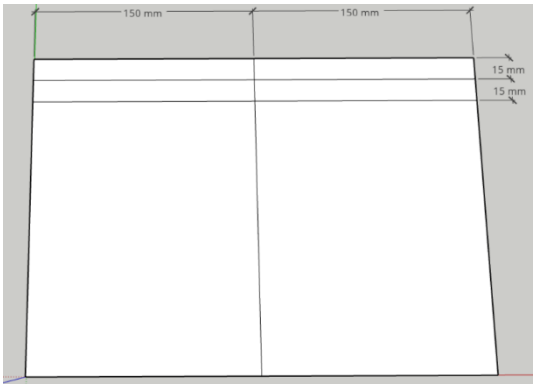
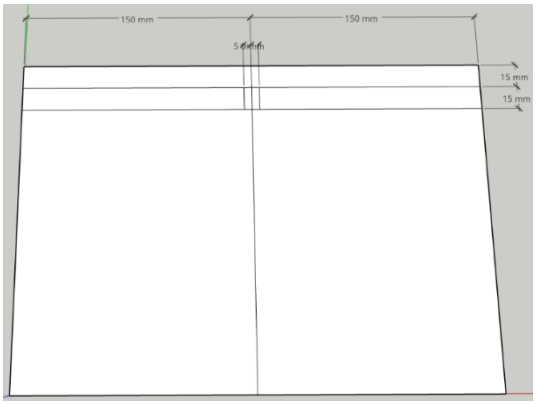
	5. Verbind de voorste twee hoeken van je plaat met de punten die zich op 5 mm van de verticale lijn bevinden. Deze punten liggen dus op 30 mm van de bovenkant.
	6. Nu is het aan jou! Bepaal de afmetingen van je gsm en bekijk de speaker van jouw gsm. Waar bevindt deze zich? De speaker van jouw smartphone zal zich situeren in het oranje kadertje. Teken op je tekening twee lijnen die duidelijk aangeven waar je gsm komt te staan. Let wel op!!! Tel hier 10 mm bij om ervoor te zorgen dat de gsm voldoende speling heeft. Op de tekening hiernaast wordt een voorbeeld weergegeven.
	7. Verhoog alle aangeduide delen met 20 mm.
	8. Hiernaast kan je een voorbeeld terugvinden van de uitgetekende tussenplaten.

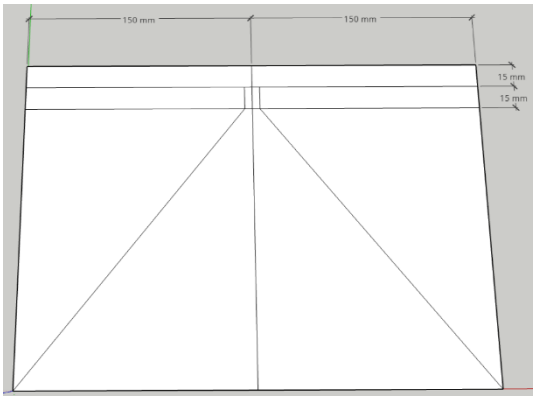
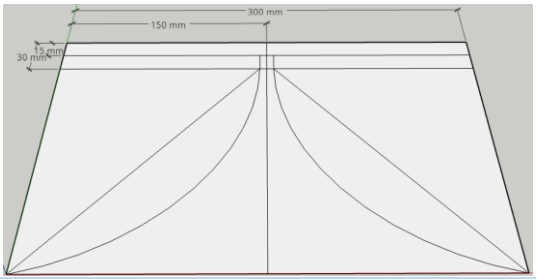
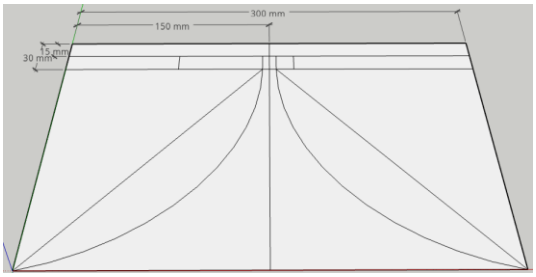
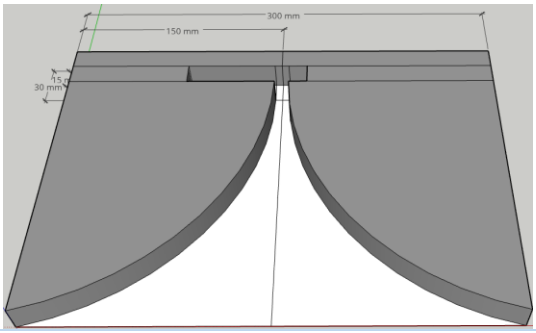
Realisatie 2

	1. Teken een horizontale lijn op 15 mm van de bovenkant.
	2. Teken op 150 mm van de zijkant een verticale lijn.
	3. Teken een tweede horizontale lijn op 30 mm van de bovenkant.
	4. Teken aan elke kant van de middenlijn (telkens op 5mm) een verticale lijn.

	5. Duid aan de onderkant van de plaat 2 punten aan die zich op 75 mm van de middenlijn bevinden. Verbind deze punten met de punten die zich op 5 mm van de verticale lijn bevinden.
	6. Verhoog alle aangeduide delen met 20 mm.
	7. Nu is het aan jou! Bepaal de afmetingen van je gsm en bekijk de speaker van jouw gsm. Waar bevindt deze zich? De speaker van jouw smartphone zal zich situeren voor de uitgang van de klankkast. Teken op je tekening twee lijnen die duidelijk aangeven waar je gsm komt te staan. Let wel op!!! Tel hier 10 mm bij om ervoor te zorgen dat de gsm voldoende speling heeft. Op de tekening hiernaast wordt een voorbeeld weergegeven. 8. Hiernaast kan je een voorbeeld terugvinden van de uitgetekende tussenplaten.

Realisatie 3

	1. Teken een horizontale lijn op 15 mm van de bovenkant.
	2. Teken op 150 mm van de zijkant een verticale lijn.
	3. Teken een tweede horizontale lijn op 30 mm van de bovenkant.
	4. Teken aan elke kant van de middenlijn (telkens op 5mm) een verticale lijn.

	5. Verbind de voorste twee hoeken van je plaat met de punten die zich op 5 mm van de verticale lijn bevinden. Deze punten liggen dus op 30 mm van de bovenkant.
	6. Teken op de twee diagonale lijnen een afronding met een straal van 40 mm.
	7. Nu is het aan jou! Bepaal de afmetingen van je gsm en bekijk de speaker van jouw gsm. Waar bevindt deze zich? De speaker van jouw smartphone zal zich situeren voor de uitgang van de klankkast. Teken op je tekening twee lijnen die duidelijk aangeven waar je gsm komt te staan. Let wel op!!! Tel hier 10 mm bij om ervoor te zorgen dat de gsm voldoende speling heeft. Op de tekening hiernaast wordt een voorbeeld weergegeven.
	8. Verhoog alle aangeduide delen met 20 mm. 9. Hiernaast kan je een voorbeeld terugvinden van de uitgetekende tussenplaten.

3.6 Constructie van de klankkast

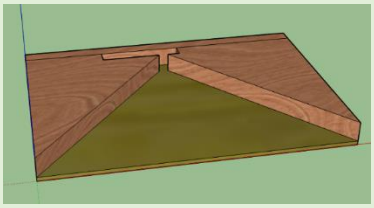
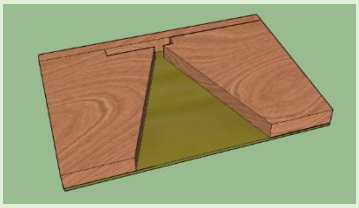
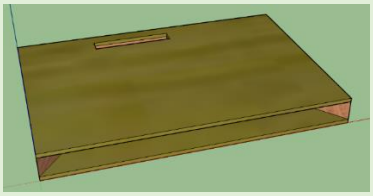
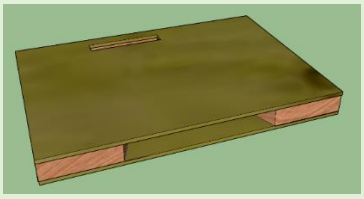
Na het uittekenen van je klankkast in Google Sketchup, ga je nu zelf aan de slag. Belangrijk is dat je jouw afmetingen bij de hand hebt en deze ten aller tijden kan hanteren. Deze afmetingen verschillen per gsm-type. Hierdoor zal de uitbouw van de klankkast bij iedereen een beetje anders zijn. Gebruik dus niet de afmetingen van een medeleerling, want dan zou het wel eens kunnen dat jouw gsm niet in de voorziene gleuf past.

Hieronder kan je **drie verschillende realisaties** terugvinden.

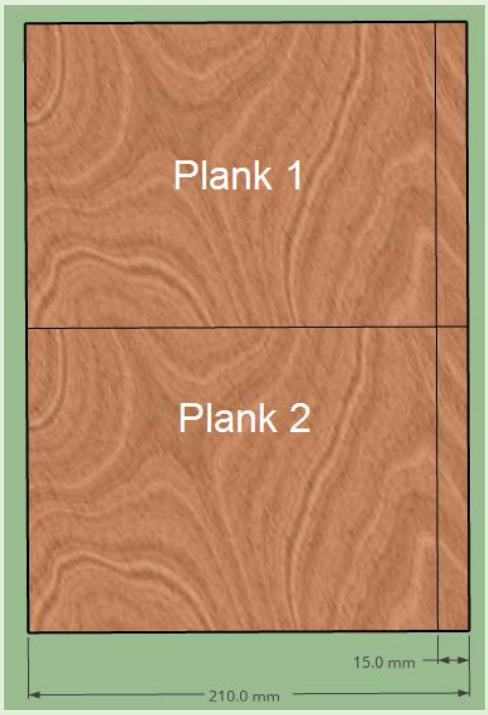
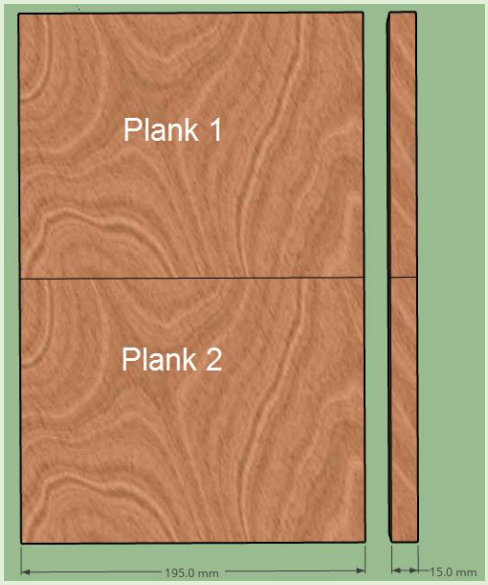
Bij de eerste twee realisaties merk je dat de tussenplaten rechte zijden bevatten. Realisatie 1 bevat een bredere uitgang dan realisatie 2.
Bij de laatste realisatie merk je dat de tussenplaten worden afgebogen en de uitgang dus niet wordt gevormd door rechte zijden, maar door gebogen zijden.

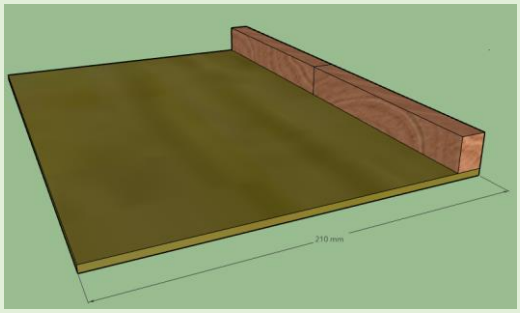
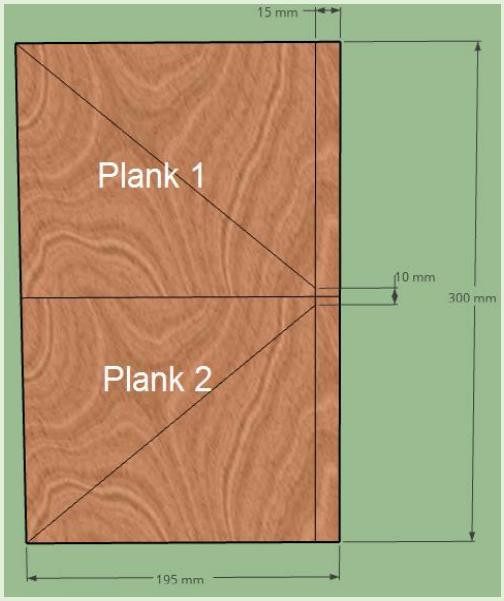
Voor je aan de slag gaat, zorg je ervoor dat je de tekening van jouw klankkast steeds kan raadplegen. Vervolgens neem je het correcte stappenplan bij de hand en ga je aan de slag. Volg de stappen nauwlettend op en vraag indien nodig extra uitleg aan je leerkracht.

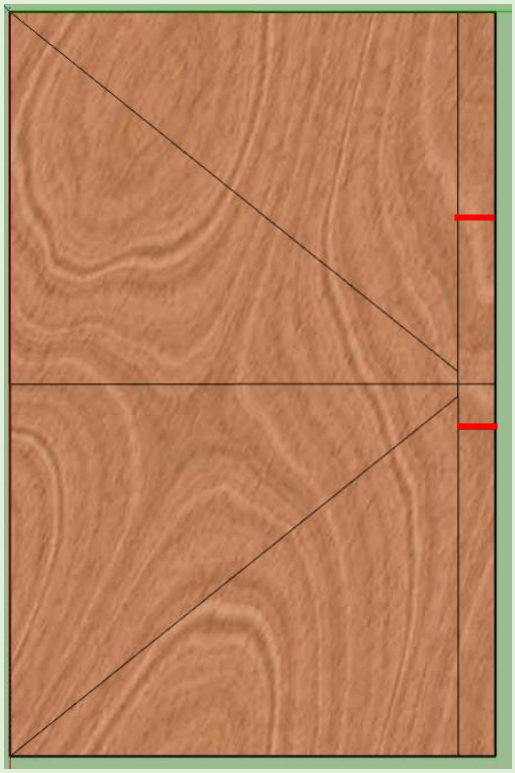
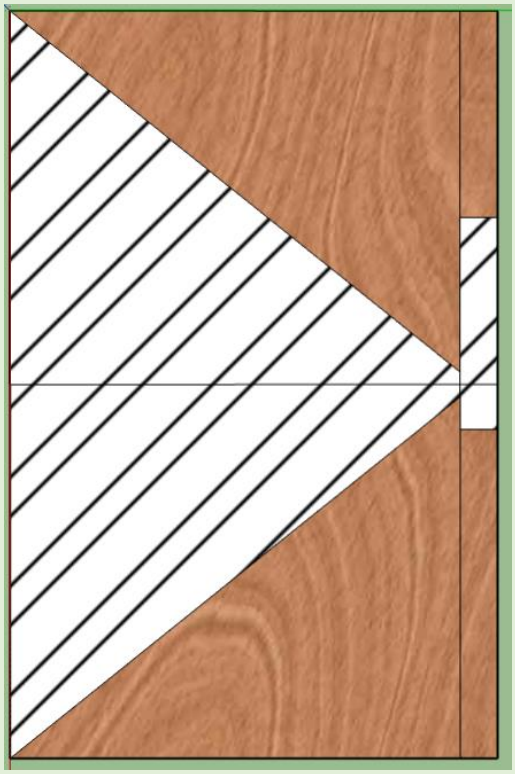
Wanneer je klankkast volledig is uitgewerkt, vergelijk je de verschillende ontwerpen en bespreek je de resultaten. Welk ontwerp voldoet het best aan reeds besproken criteria?

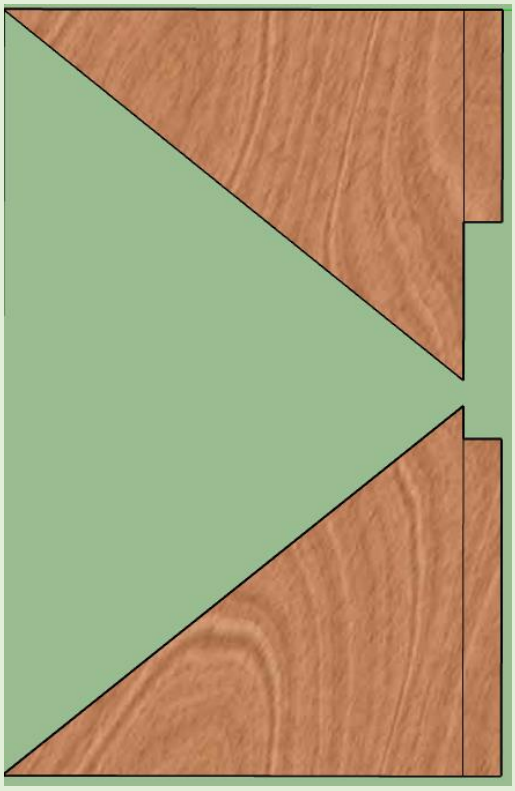
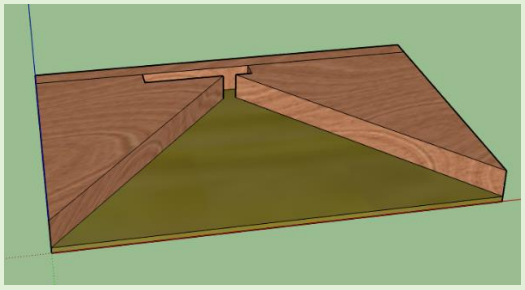
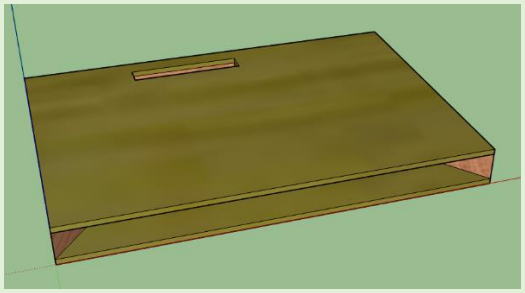
Realisatie 1	Realisatie 2	Realisatie 3
		
		

Realisatie 1:

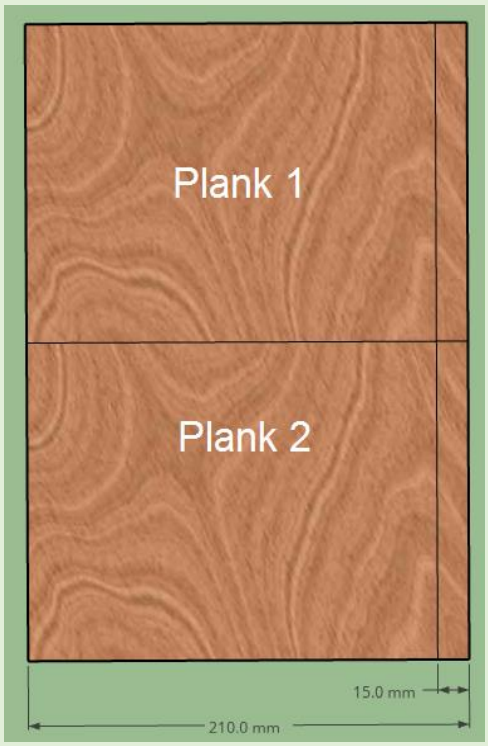
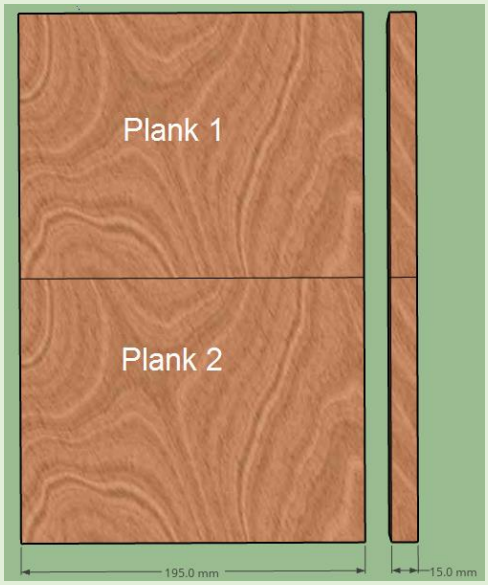
Stap	Afbeelding	Een woordje uitleg
1		**Aftekenen van de tussenplaten** 1. Plaats de twee planken met de lange zijde tegen elkaar. 2. Teken een lijn op 15 mm van de kant. Gebruik hiervoor een lat en een potlood!
2		**Zagen van de planken** 1. Zaag met de figuurzaagmachine op de lijn zodat je 4 plankjes bekomt. 2. Scherpe kantjes kan je eventueel verwijderen met schuurpapier.

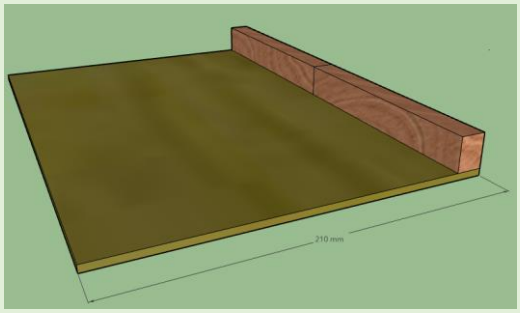
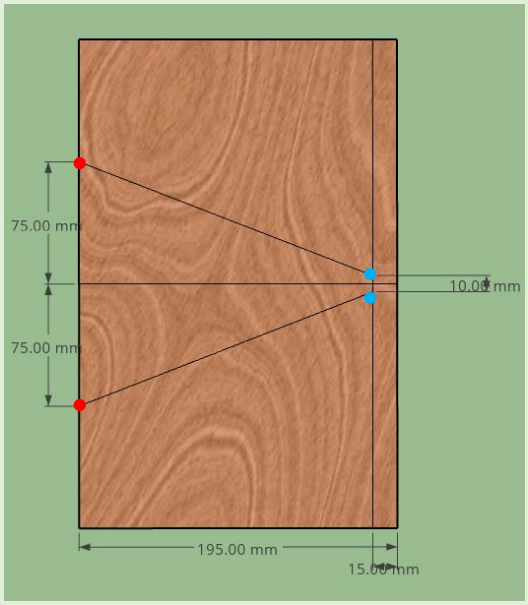
3		**Lijmen van de plankjes** 1. Lijm de twee plankje van 15 mm op de grondplaat. 2. Voer druk uit met je handen zodat de plankjes goed blijven kleven. Tijdens het lijmen hanteer je houtlijm!
4		**Aftekenen van de uitgangen** 1. Teken opnieuw een lijn op 15 mm van de kant. 2. Vanaf deze verticale lijn teken je een schuine lijn naar de hoekpunten van elk plankje. **Let wel op!!!** De lijn vertrekt op 5 mm van de kant van elk plankje. De afstand tussen de beginpunten van de beide schuine lijnen bedraagt dus 10 mm.

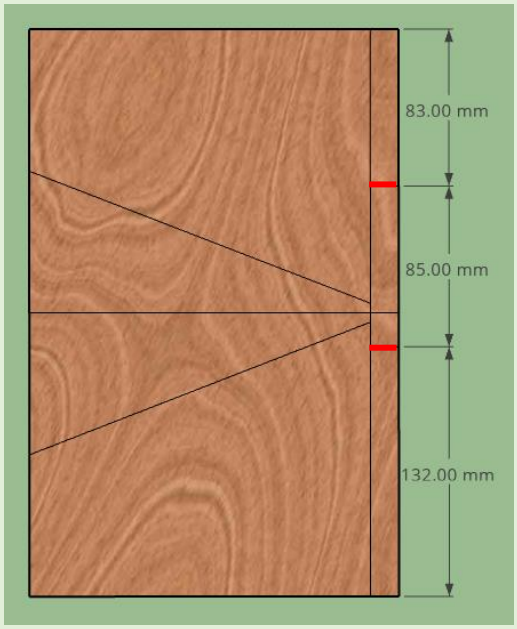
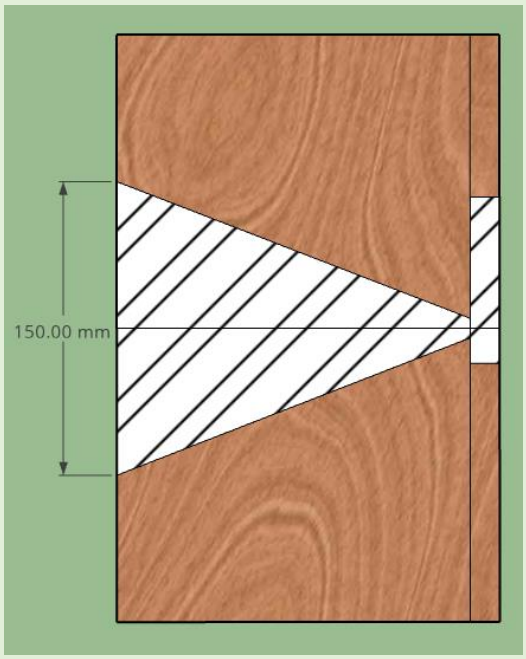
5		**Aftekenen van de gleuf** 1. Neem je tekening van Google Sketchup bij de hand. 2. Teken de lengte van de gleuf af net zoals je bij de dekplaat hebt gedaan. Op de afbeelding wordt dit weergegeven aan de hand van rode lijnen. Gebruik hiervoor de correct afmetingen! → Dit is afhankelijk van je gsm! Op de afbeelding wordt een voorbeeld weergegeven.
6		**Arceer de delen die weggezaagd moeten worden.**

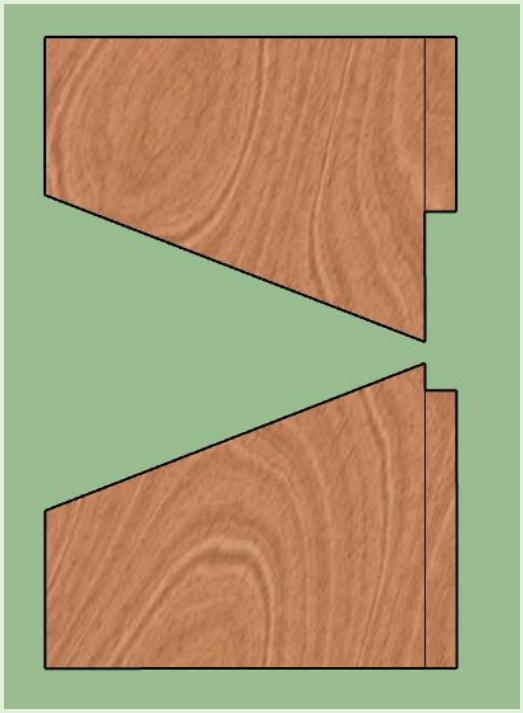
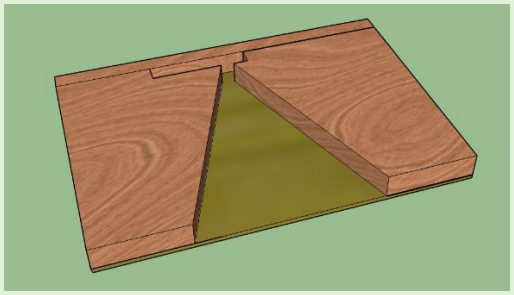
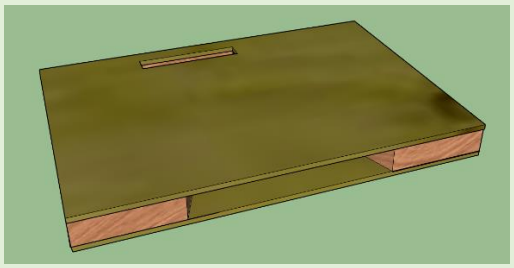
7		**Verwijderen van de gearceerde delen** 1. Zaag met de figuurzaagmachine NAAST de lijn zodat je de figuren overhoudt net zoals op de tekening. **Let op !!!** Zorg dat je aan de juiste kant van de lijn zaagt! Je zaagt dus in het gearceerde deel. 2. Na het zagen, schuur je de kanten bij.
8		**Lijmen van de tussenplaten** 1. Lijm de tussenplaten gelijk met de rand van de bodemplaat tegen de zijlatjes. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.
9		**Lijmen van de dekplaat** 1. Lijm de dekplaat op de tussenplaten mooi gelijk met de randen. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.

Realisatie 2:

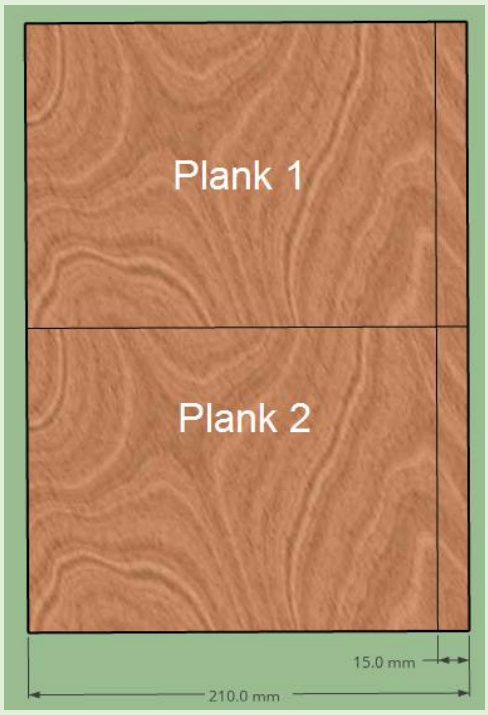
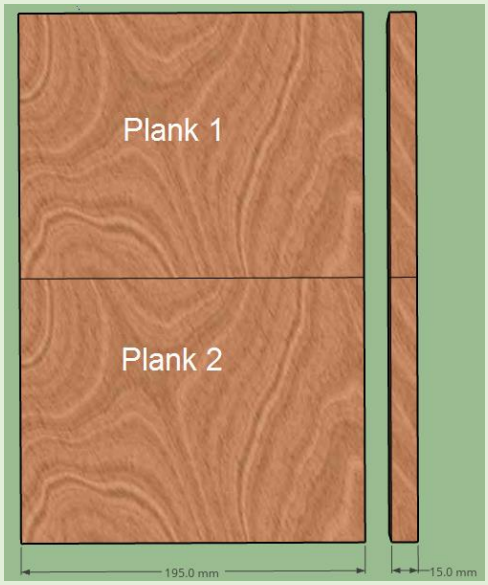
Stap	Afbeelding	Een woordje uitleg
1		**Aftekenen van de tussenplaten** 1. Plaats de twee planken met de lange zijde tegen elkaar. 2. Teken een lijn op 15 mm van de kant. Gebruik hiervoor een lat en een potlood!
2		**Zagen van de planken** 1. Zaag met de figuurzaagmachine op de lijn zodat je 4 plankjes bekomt. 2. Scherpe kantjes kan je eventueel verwijderen met schuurpapier.

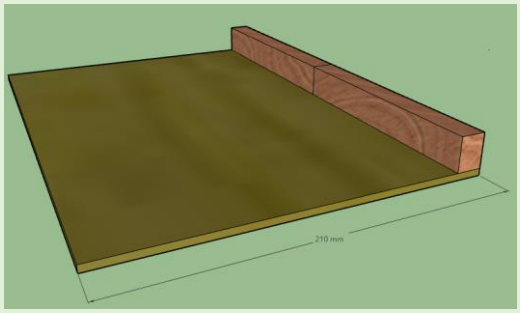
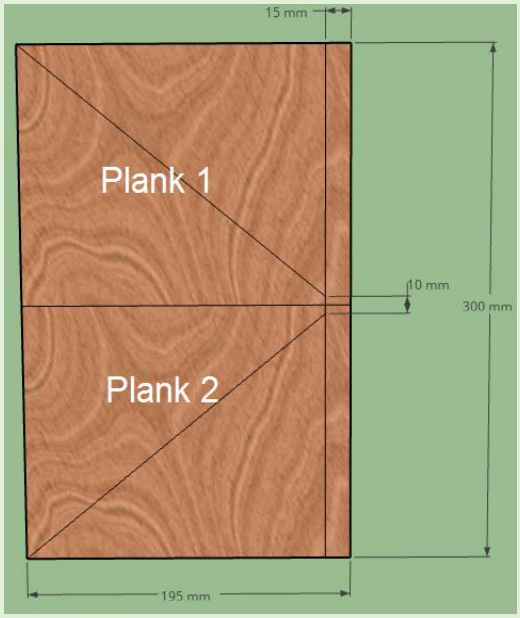
3		**Lijmen van de plankjes** 1. Lijm de twee plankje van 15 mm op de grondplaat. 2. Voer druk uit met je handen zodat de plankjes goed blijven kleven. Tijdens het lijmen hanteer je houtlijm!
4		**Aftekenen van de uitgangen** 1. Teken opnieuw een lijn op 15 mm van de kant. 2. Vervolgens duid je 4 belangrijke punten aan die je daarna verbindt. → Zet aan de linkerzijde van beide platen een punt in de helft van de plaat. Op de afbeelding wordt dit weergegeven aan de hand van 2 rode punten. → Deze rode punten verbind je met de lijn die zich op 15 mm van de kant bevindt. **Let op!!!** De lijn vertrekt op 5 mm van de kant van elk plankje. De afstand tussen deze 2 blauwe punten bedraagt dus 10 mm.

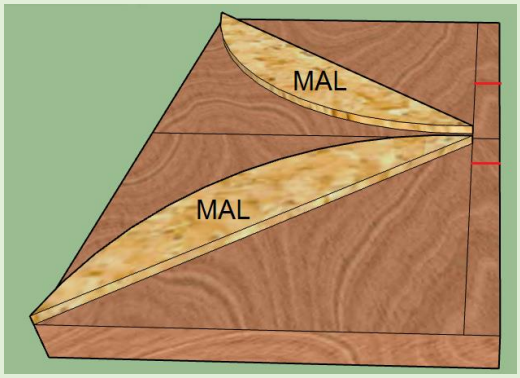
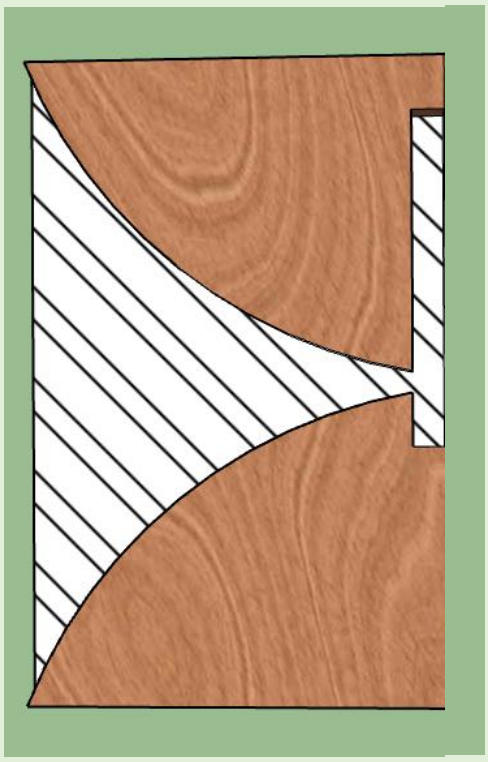
5		**Aftekenen van de gleuf** 1. Neem je tekening van Google Sketchup bij de hand. 2. Teken de lengte van de gleuf af net zoals je bij de dekplaat hebt gedaan. Op de afbeelding wordt dit weergegeven aan de hand van rode lijnen. Gebruik hiervoor de correct afmetingen! → Dit is afhankelijk van je gsm! Op de afbeelding wordt een voorbeeld weergegeven.
6		**Arceer de delen die weggezaagd moeten worden.**

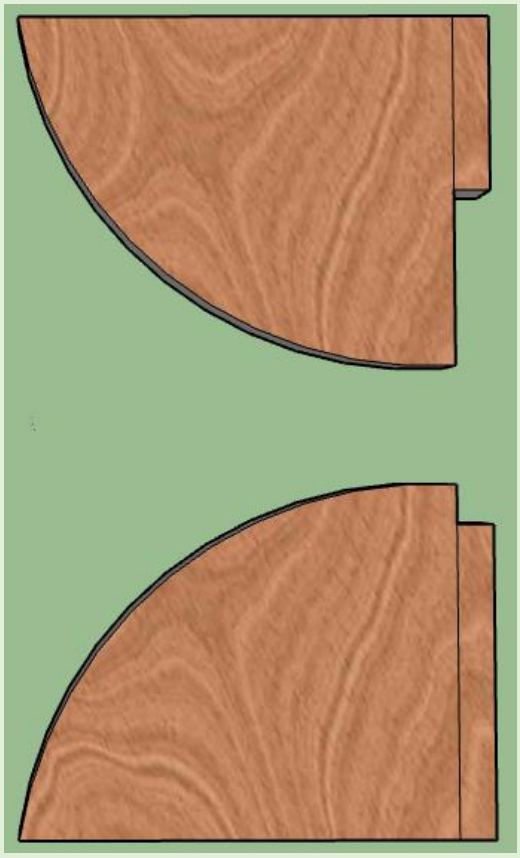
7		**Verwijderen van de gearceerde delen** 1. Zaag met de figuurzaagmachine NAAST de lijn zodat je de figuren overhoudt net zoals op de tekening. **Let op !!!** Zorg dat je aan de juiste kant van de lijn zaagt! Je zaagt dus in het gearceerde deel. 2. Na het zagen, schuur je de kanten bij.
8		**Lijmen van de tussenplaten** 1. Lijm de tussenplaten gelijk met de rand van de bodemplaat tegen de zijlatjes. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.
9		**Lijmen van de dekplaat** 1. Lijm de dekplaat op de tussenplaten mooi gelijk met de randen. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.

Realisatie 3:

Stap	Afbeelding	Een woordje uitleg
1		**Aftekenen van de tussenplaten** 1. Plaats de twee planken met de lange zijde tegen elkaar. 2. Teken een lijn op 15 mm van de kant. Gebruik hiervoor een lat en een potlood!
2		**Zagen van de planken** 1. Zaag met de figuurzaagmachine op de lijn zodat je 4 plankjes bekomt. 2. Scherpe kantjes kan je eventueel verwijderen met schuurpapier.

3		**Lijmen van de plankjes** 1. Lijm de twee plankje van 15 mm op de grondplaat. 2. Voer druk uit met je handen zodat de plankjes goed blijven kleven. Tijdens het lijmen hanteer je houtlijm!
4		**Aftekenen van de uitgangen** 1. Teken opnieuw een lijn op 15 mm van de kant. 2. Vanaf deze verticale lijn teken je een schuine lijn naar de hoekpunten van elk plankje. **Let wel op!!!** De lijn vertrekt op 5 mm van de kant van elk plankje. De afstand tussen de beginpunten van de beide schuine lijnen bedraagt dus 10 mm.

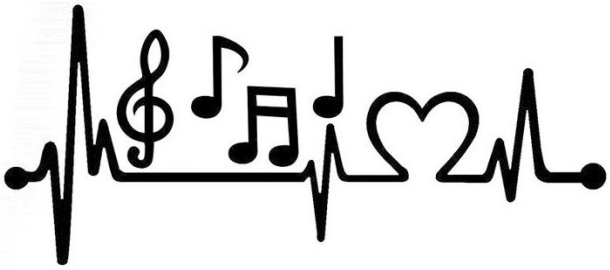
5		**Aftekenen van de uitgangen + gleuf** 1. Leg de rechte zijde van de mal op de diagonale lijn en teken de boog af op het hout. 2. Neem je tekening van Google Sketchup bij de hand. 3. Teken de lengte van de gleuf af net zoals je bij de dekplaat hebt gedaan. 4. Op de afbeelding wordt dit weergegeven aan de hand van rode lijnen. Gebruik hiervoor de correct afmetingen! → Dit is afhankelijk van je gsm! Op de afbeelding wordt een voorbeeld weergegeven.
6		**Arceer de delen die weggezaagd moeten worden.**

7		**Verwijderen van de gearceerde delen** 1. Zaag met de figuurzaagmachine NAAST de lijn zodat je de figuren overhoudt net zoals op de tekening. **Let op !!!** Zorg dat je aan de juiste kant van de lijn zaagt! Je zaagt dus in het gearceerde deel. 2. Vijl met een platte vijl het hout tot mooi op de lijnen weg .
8		**Lijmen van de tussenplaten** 1. Lijm de tussenplaten gelijk met de rand van de bodemplaat tegen de zijlatjes. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.
9		**Lijmen van de dekplaat** 1. Lijm de dekplaat op de tussenplaten mooi gelijk met de randen. 2. Veeg de lijmresten weg met een vochtige doek.

3.7 De klankkast testen in functie van de CRITERIA

Wanneer je klankkast volledig is uitgebouwd, kan je de criteria aftoetsen.
Lees onderstaande criteria nogmaals door en kruis aan.

Criteria	**(X)**
De klankkast versterkt het geluid hoorbaar.	
De kwaliteit van het geluid gaat niet verloren (geen doffe of schelle klank).	
De klankkast is stevig en staat stabiel.	
We hanteren een akoestische versterking (zonder elektriciteit).	
De klankkast versterkt vooral de lange tonen.	
Het trillingsoppervlak bevat een lengte van circa 25 cm.	
Het geluid wordt naar het oor gericht.	
Het ontwerp van de klankkast bevat een lage kostprijs.	
De klankkast is makkelijk vervoerbaar.	



[66]

[66] https://nl.aliexpress.com/item/32827270676.html

4 Evaluatie

Wat vond je van dit project? (meerdere keuzes zijn mogelijk)					
	Saai	☐		Boeiend / leerrijk	☐
	Geen uitdaging	☐		Een uitdaging	☐
	Moeilijk	☐		Makkelijk	☐
	Niet mijn ding	☐			
Waarom heb je voor deze smiley(s) gekozen? Motiveer je keuze!					
Ik heb voor deze smiley(s) gekozen, omdat ……. ……. …….					
Welke opdrachten vond je "interessant / leuk" tijdens dit project? Som ze op.					
Dit zijn voor mij de volgende opdrachten: ……. ……. …….					
In dit project voelde ik me het best bij ….					
☐ Het theoretisch onderzoek met betrekking tot het thema 'geluid'. ☐ Het uitvoeren van de experimenten. ☐ Het uittekenen van de klankkast in Google Sketchup. ☐ Het maken van de klankkast (de realisatie).					
Tot in welke mate was de uitleg die je kreeg voldoende om aan de slag te gaan?					
0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5					

Bibliografie

- de Valck, L., & Gantois, J. (2011). *Plantyn Wetenschappelijk Werk Leerwerkboek B.* Antwerpen: Plantyn.
- Hendricks, R. (sd). *Trillingen en geluid.* Opgehaald van Roel Hendricks - Natuurkunde : http://roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2I%20trillingen%20en%20geluid/trilgeluid.html
- J.M., D. V. (2012). Pulsar 1. Leerwerkboek 1 uur. In D. V. J.M., *Pulsar 1. Leerwerkboek 1 uur* (p. 288). Mechelen: Plantyn.
- JHB Pastoor. (sd). *INaSk Leerjaar 1 en 2* . Opgehaald van INaSk: https://inask.nl
- physicsexperiments.org. (sd). *geluid.* Opgehaald van physicsexperiments.org: https://www.physicsexperiments.org/index.php/component/tags/tag/geluid
- Vakdidactiek UCLL. (sd). *iMuSciCA activity books*. Opgehaald van Vakdidactiek: https://www.vakdidactiek.be/imuscica-activity_books_TEL32duRviKOR9z
- Wietsma, R. (sd). *Trillingen en geluid* . Opgehaald van Meneer Wietsma: https://meneerwietsma.nl/golven-en-trillingen-geluid-en-licht/
- GOOSSENS Anton (aut., e.a.), *TechnoScoop 1. Handleiding,* Van In, Wommelgem (2019) , 127 blz.
- D'HAENINCK Luc (aut., e.a.), *Biogenie 3. Biologie voor het derde leerjaar (1u/week). Leerwerkboek,* De Boeck, Antwerpen (2015) , 234 blz.
- DISCART Chris (aut.) & VANOUTRIVE Evelyne (aut.), *Bio Naturalis 3. Leerwerkboek biologie,* Plantyn, Mechelen (2016) , 176 blz.
- BERCKMOES Raven (aut.), *WEZO 5/6. Wetenschappen doe je zo! Geluid en licht. Natuurwetenschappen TSO-KSO-Handel,* Plantyn, Mechelen (2017) , 51 blz.
- BERGER Ulrike, *Experimenteren. Hoe werkt dat? Geluid. Spannende proefjes met klank en geluid,* Altiora, Averbode (2004) , 48 blz.
- Aerts, R., Appermont, B., Debaillie, A., Gevers, S., & Vanesser, J. (2017). Soundscape 1 - ed. 2017 leerwerkboek (5de editie). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- D'Haeninck, L., & Dekeersmaeker, L. (2014). *Biogenie 3.2 - leerboek* (10de ed.). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Gallimore, F. (2018, 22 mei). *Wat hoor jij: Yanny of Laurel?* Geraadpleegd op 17 december 2020, van https://www.doof.nl/opmerkelijk/wat-hoor-jij-yanny-of-laurel/
- Hagen, E. (2017, 31 mei). *Echolocatie*. Geraadpleegd op 16 december 2020, van https://askabiologist.asu.edu/echolocatie
- *Natuurinformatie - Wij horen ze niet altijd. . . de olifant*. (z.d.). Geraadpleegd op 16 december 2020, van http://www.natuurinformatie.nl/nnm.dossiers/natuurdatabase.nl/i002779.html
- Martini, F. H., & Bartholomew, E. F. (2017). *Anatomie en fysiologie* (6de ed.). /, .: Pearson Benelux B.V.

- Hoorcentrumaudioplus. (z.d.). *Hoorcentrum Audio+ - Jouw audioloog in Jabbeke*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van https://hoorcentrumaudioplus.be/het-oor
- InfoNu. (2015, 18 juni). *Alles over oren*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van https://dier-en-natuur.infonu.nl/biologie/3762-alles-over-oren.html
- U., & Weergeven, M. V. P. (2014, 10 juni). *Het Binnenoor*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van http://dewereldvanhetoor.blogspot.com/p/het-binnenoor.html
- Departement Omgeving. (z.d.). *Gehoorschade*. Geraadpleegd op 23 februari 2021, van https://omgeving.vlaanderen.be/gehoorschade
- Klinkt Goed B.V. (2020, 1 april). *Wanneer heb je gehoorbescherming nodig? | Klinkt Goed*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van https://www.klinktgoed-gehoorbescherming.nl/over-ons/wanneer-gehoorbescherming/
- Brugman, A. (z.d.). *Natuurkunde.nl - De wondere wereld van het oor*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van https://www.natuurkunde.nl/artikelen/3455/de-wondere-wereld-van-het-oor
- Laura. (2015, oktober 21). *Frequentie van grondtoon en 2e boventoon berekenen*. Opgehaald van www.Natuurkunde.nl: https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/50357
- Maurice. (2021). *Resonantie en eigenfrequentie*. Opgehaald van www.Mr.Chadd.nl: https://www.mrchadd.nl/academy/vakken/natuurkunde/resonantie-en-eigenfrequentie
- Pathé, B. (2013, juni 18). *Tacoma Bridge Collapse: The Wobbliest Bridge in the World? (1940) | British Pathé*. Opgehaald van YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=XggxeuFDaDU
- Tessa. (2012, oktober 7). *Frequentie bij boventonen* . Opgehaald van www.Natuurkunde.nl: https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/33486