SCHOOL VOOR WETENSCHAP EN TECHNIEK

Industriële wetenschappen

Staande golven

Mentoren

D. Vansteenlandt
K. Werbrouck
K. Geeraert
D. Goethals
T. Vandenbulcke

Naam leerling(en)

Ward Luyssen

DOSSIER GEINTEGREERDE PROEF 2023-2024

VRIJ TECHNISCHE INSTITUUT St. Aloysius| Papebrugstraat 8A | 8820 TORHOUT
e-mail: vti@sint-rembert.be | website: http://www.sint-rembert.be/vti

Voorwoord

In het vijfde middelbaar hebben we les gekregen over trillingen en golven, we zijn in contact gekomen met allerlei soorten golven waaronder ook staande golven. Nu in het zesde jaar hebben we als GIP-opdracht verschillende proeven rond geluid gedaan. Zo ontdekten we heel wat geluidsgolven waaronder een aantal staande.

Inhoudstafel

1. Inleiding

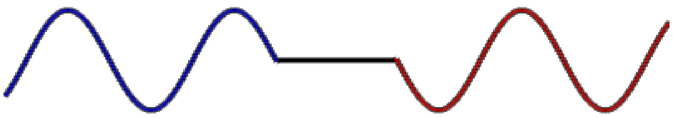
Als we een gitaarsnaar aanslaan, doen we deze trillen en creëert de gitaar een geluid. Maar hoe komt dat nu?

In dit verslag wordt er kort uitgelegd wat staande golven zijn en hoe ze theoretisch en praktisch gecreëerd worden en/of ontstaan.

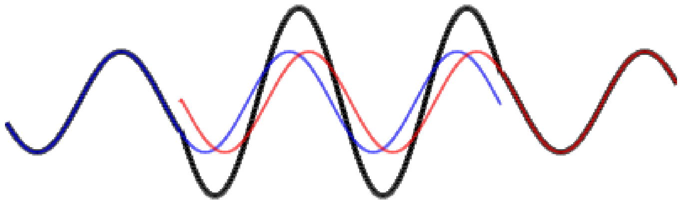
In het verslag wordt enkel de ééndimensionale staande golf besproken.

2. Wat zijn staande golven?

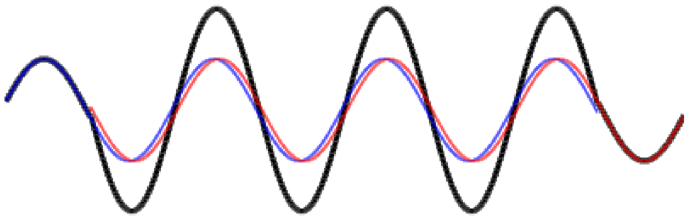
Op de afbeelding hiernaast zie je twee gelijke golven die in een tegengestelde zin bewegen. De individuele golven zijn rood en blauw. De som van de twee golven wordt weergegeven in het zwart.



De zwarte golf verplaatst zich niet naar links of naar rechts, hij heeft dus geen looprichting in tegenstelling tot de rode en de blauwe golf. Dit fenomeen van de zwarte golf noemen we een staande golf.



Op de derde afbeelding kan je zien dat er punten zijn die constant stil staan (amplitude gelijk aan nul) en punten zijn die voortdurend maximaal uitwijken (amplitude maximaal). Deze punten noemen we respectievelijk knoop-en buikpunten.

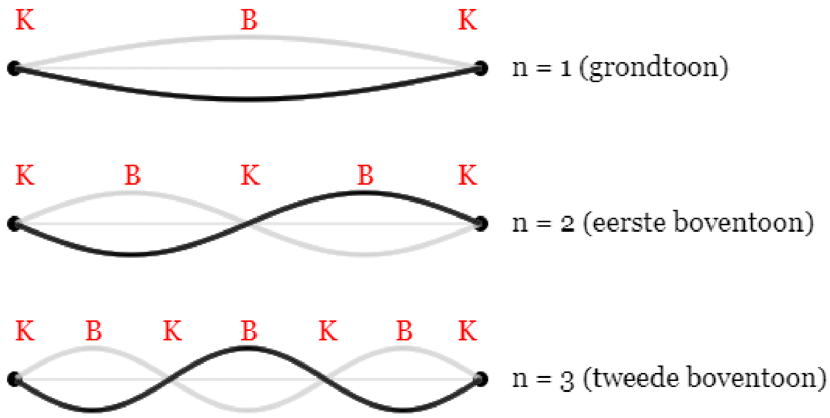


In de praktijk wordt dit dikwijls bereikt door een golf terug te laten kaatsen. Hierdoor verkrijg je dat de uitgezonden golf plus de teruggekaatste golf gelijk is aan een staande golf, maar enkel nog steeds met de voorwaarde dat de twee golven een gelijk amplitude, richting en tegengestelde zin hebben. Het meest voorkomende voorbeeld hiervan is in een touw of koord.

Bij een geluidsgolf ontstaan verdichtingen en verdunningen van deeltjes in de richting waarin de luchtdeeltjes zelf ook heen en weer trillen. De trilrichting en de voortplantingsrichting van de storing zijn hier gelijk. Dit zijn longitudinale golven.

De frequenties waarbij staande golven optreden, zijn afhankelijk van het touw of medium dat je gebruikt of in werkt. Die frequenties zijn de eigenfrequenties van het touw of van het medium.

3. Grondtoon en boventonen



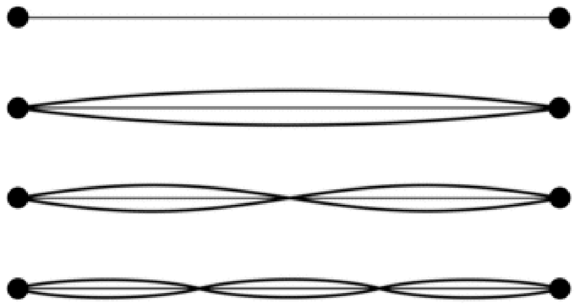
Deze bovenstaande golven zijn zichtbaar wanneer we een snaar aanslaan. Ze zijn de drie eenvoudigste staande golven die in een snaar kunnen voorkomen. De bovenste staande golf staat bekend als de grondtoon (n = 1). Zoals geïllustreerd, heeft deze golf een buik in het midden en twee knopen aan de uiteinden. Deze knopen ontstaan vanzelf omdat de uiteinden van de snaar vastzitten. Zoals je kunt zien bevat de snaar in de grondtoon een halve golflengte.

De twee andere tonen noemen we boventonen. Boventonen hebben minimaal twee knooppunten en minimaal twee buiken over de totale lengte van de snaar. De snaar in de eerste boventoon bevat een hele golflengte. De snaar in de tweede boventoon bevat anderhalve golflengte etc.

Een boventoon kan je dus zien als een veelvoud van de grondtoon.

4. Soorten staande golven

4.1 Gesloten



Een gesloten staande golf is een staande golf met twee vaste uiteinden of twee gesloten uiteinden. We weten dus dat bij de grondtoon één buik voorkomt in het midden (zoals op naastliggende afbeelding het tweede patroon). Het derde patroon stelt de eerste boventoon voor en het vierde patroon stelt de tweede boventoon voor. Bij de eerste boventoon zijn er twee buiken, bij de tweede boventoon drie enz.

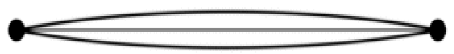
Zo komen we tot volgende formule voor de totale lengte tussen de twee vaste uiteinden in functie van de golflengte:

$$L = n\frac{\lambda}{2}$$

Met in bovenstaande formule: L de lengte van de snaar in meter, n het aantal buiken en λ de golflengte in meter.

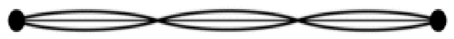
We kunnen nu ook de frequentie van een boventoon afleiden. We gebruiken hiervoor opnieuw dezelfde afbeelding waarbij de eerste golf de grondtoon voorstelt en het tweede en derde patroon respectievelijk de eerste en de tweede boventoon voorstellen.

We stellen telkens eerst een formule op voor de lengte van de snaar tussen de twee vaste uiteinden in functie van de golflengte. Daarna stellen we omgekeerd een formule op voor de golflengte in functie van de totale lengte. Om deze vervolgens te gebruiken in de algemene formule om de frequentie te bepalen in functie van de snelheid en de golflengte. Deze algemene formule is de volgende: $f = \frac{v}{\lambda}$.



$L = \frac{\lambda_1}{2} \quad \rightarrow \lambda_1 = 2L \quad \rightarrow \ f_1 = \frac{v_x}{\lambda_1} \quad \rightarrow f_1 = \frac{v_x}{2L}$

$L = \ \lambda_2 \quad \rightarrow \lambda_2 = L \quad \rightarrow \ f_2 = \frac{v_x}{\lambda_2} \quad \rightarrow f_2 = \frac{v_x}{L} \quad = 2f_1$



$L = \frac{3\lambda_3}{2} \quad \rightarrow \lambda_3 = \frac{2}{3}L \quad \rightarrow \ f_3 = \frac{v_x}{\lambda_3} \quad \rightarrow f_3 = \frac{3v_x}{2L} \quad = 3f_1$

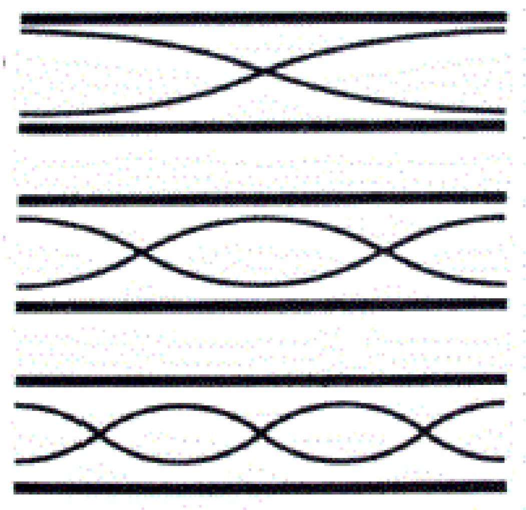
We nemen waar dat de frequentie van een boventoon telkens een veelvoud is van de frequentie van de grondtoon. Hiervoor kunnen we een algemene formule schrijven:

$fn = n\,x\,f1$

Waarin fn de frequentie van een boventoon in Hz voorstelt, n het nummer van de toon is of met andere woorden het aantal buiken in de staande golf voorstelt. En $f1$ de frequentie in Hz van de grondtoon is.

4.2 Open

Een open staande golf is een golf waarbij de uiteinden open zijn, de uiteinden zijn dus niet vast zoals bij een gesloten staande golf. Dat wil zeggen dat er twee buiken bevinden op de twee uiteinden. Deze soort golf is het omgekeerde van een gesloten staande golf. Het eerste patroon stelt hier de grondtoon voor met één knooppunt tussen de twee uiteinden. Het tweede patroon stelt de eerste boventoon voor en het derde de tweede boventoon enz.



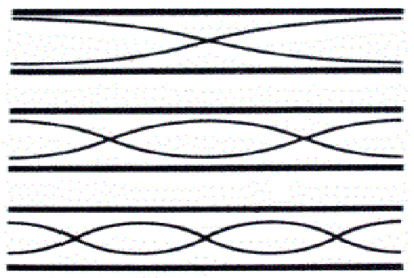
Zo komen we tot de formule voor de totale lengte tussen de twee losse uiteinden in functie van de golflengte:

$L = n\frac{1}{2}\lambda$

Met in bovenstaande formule: L de lengte van de snaar in meter, n het aantal buiken en λ de golflengte in meter.

We kunnen nu opnieuw de frequentie van een boventoon afleiden. We gebruiken hiervoor terug dezelfde afbeelding waarbij hier ook de eerste golf de grondtoon voorstelt en het tweede en derde patroon respectievelijk de eerste en de tweede boventoon voorstellen.

We stellen telkens eerst een formule op voor de lengte van de snaar tussen de twee losse uiteinden in functie van de golflengte. Daarna stellen we omgekeerd een formule op voor de golflengte in functie van de totale lengte. Om deze vervolgens te gebruiken in de algemene formule om de frequentie te bepalen in functie van de snelheid en de golflengte. Deze algemene formule is de volgende: $f = \frac{v}{\lambda}$.



$L = \frac{\lambda_1}{2} \rightarrow \lambda_1 = 2L \rightarrow f_1 = \frac{v_x}{\lambda_1} \rightarrow f_1 = \frac{v_x}{2L}$

$L = \lambda_2 \rightarrow \lambda_2 = L \rightarrow f_2 = \frac{v_x}{\lambda_2} \rightarrow f_2 = \frac{v_x}{L} = 2f_1$

$L = \frac{3\lambda_3}{2} \rightarrow \lambda_3 = \frac{2}{3}L \rightarrow f_3 = \frac{v_x}{\lambda_3} \rightarrow f_3 = \frac{3v_x}{2L} = 3f_1$

We nemen waar dat de frequentie van een boventoon hier ook telkens een veelvoud is van de frequentie van de grondtoon. Hiervoor kunnen we ook weer een algemene formule schrijven:

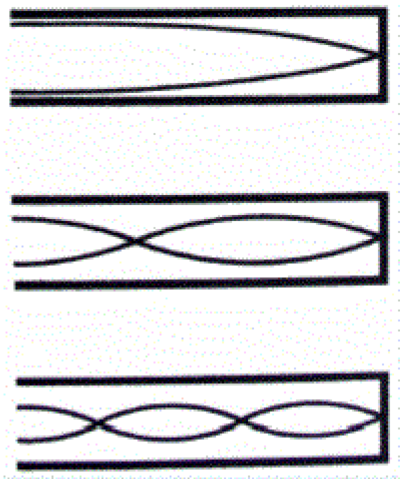
$fn = n\,x\,f1$

Waarin fn de frequentie van een boventoon in Hz voorstelt, n het nummer van de toon is of met andere woorden het aantal buiken in de staande golf voorstelt. En $f1$ de frequentie in Hz van de grondtoon is.

4.3 Halfopen, halfgesloten

Als derde geval hebben we een halfopen of halfgesloten staande golf. Deze golf kan je zien als een combinatie van een open en een gesloten staande golf. Aan het ene uiteinde is er een knoop aanwezig en in de andere een buik.

Er zijn slechts één buik en één knoop aanwezig bij de grondtoon. De lengte van de grondtoon is dus slechts een vierde van de totale golflengte. Het eerste patroon stelt hier de grondtoon voor, het tweede patroon stelt de eerste boventoon voor en het derde de tweede boventoon enz.



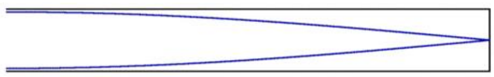
We kunnen nu ook weer net zoals bij een gesloten en open staande golf een formule opstellen voor de totale lengte in functie van de golflengte:

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

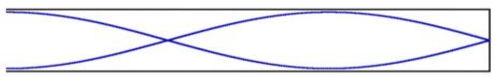
Ook hier is in de bovenstaande formule: L de lengte van de snaar in meter, n het aantal buiken en λ de golflengte in meter.

We kunnen nu opnieuw de frequentie van een boventoon afleiden. We gebruiken hiervoor een gelijkaardige afbeelding waarbij hier de eerste golf de grondtoon voorstelt en het tweede en derde patroon respectievelijk de eerste en de tweede boventoon voorstellen.

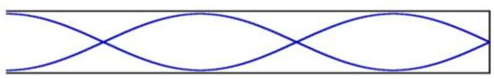
We stellen opnieuw telkens eerst een formule op voor de lengte van de snaar tussen het vaste en losse uiteinde in functie van de golflengte. Daarna stellen we omgekeerd een formule op voor de golflengte in functie van de totale lengte. Om deze vervolgens te gebruiken in de algemene formule om de frequentie te bepalen in functie van de snelheid en de golflengte. Deze algemene formule is de volgende: $f = \frac{v}{\lambda}$.



$L = \frac{\lambda_1}{4}$ → $\lambda_1 = 4L$ → $f_1 = \frac{v_x}{\lambda_1}$ → $f_1 = \frac{v_x}{4L}$



$L = \frac{3\lambda_2}{4}$ → $\lambda_2 = \frac{4}{3}L$ → $f_2 = \frac{v_x}{\lambda_2}$ → $f_2 = \frac{3v_x}{4L} = 3f_1$



$L = \frac{5\lambda_3}{4}$ → $\lambda_3 = \frac{4}{5}L$ → $f_3 = \frac{v_x}{\lambda_3}$ → $f_3 = \frac{5v_x}{4L} = 5f_1$

We nemen waar dat de frequentie van een boventoon hier ook telkens een veelvoud is van de frequentie van de grondtoon. Hiervoor kunnen we ook weer een algemene formule schrijven:

$$fn = (2n - 1)\, f1$$

Waarin fn de frequentie van een boventoon in Hz voorstelt, n het nummer van de toon is of met andere woorden het aantal buiken in de staande golf voorstelt. En $f1$ de frequentie in Hz van de grondtoon is.

5. Wiskundig

Wetende dat een staande golf een som is van twee golven met een tegengestelde zin, kunnen we een vergelijking opstellen steunende op het superpositiebeginsel. Volgens dit superpositiebeginsel mogen we de som nemen van de uitgezonden golf en de teruggekaatste golf bij zowel een vast uiteinde als een los uiteinde.

5.1 Golf

Om een wiskundige vergelijking op te stellen moeten we beginnen bij het begin en moeten we eerst weten wat een golf is.

Golven zijn eigenlijk periodieke trillingen, beter nog: harmonische trillingen.

5.1 Superpositiebeginsel

Omdat we een staande golf willen creëren, steunen we op het superpositiebeginsel, maar wat is dit nu precies? Stel een punt van een medium trilt onder invloed van meerdere golven, dan is de resulterende uitwijking op een bepaald tijdstip gelijk aan de som van de uitwijkingen van het punt op dat ogenblik veroorzaakt door elke golf. Dit is het superpositiebeginsel.

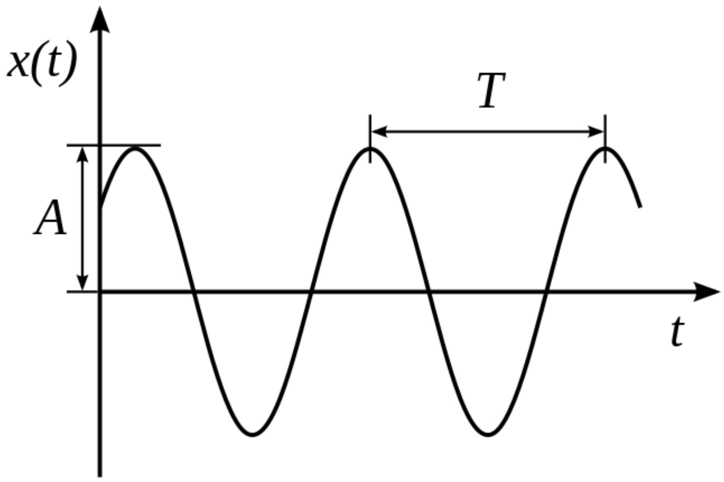
$$y_r(t) = y_1(t) + y_2(t)$$

5.1.1 Harmonische oscillator

Als de y(t)-grafiek van een trilling de vorm van een harmonische functie heeft, noemen we de trilling een harmonische trilling. Als een voorwerp of lichaam een harmonische trilling uitvoert, dan wordt dit lichaam een harmonische oscillator genoemd.

De elongatie (uitwijking) van een harmonische oscillator kun je dus weergeven in volgende sinusfunctie:

$y(t) = Asin(\omega t + \varphi)$



A	De amplitude of de maximale uitwijking t.o.v. de evenwichtsstand.
ω	De pulsatie van de harmonische trilling met $\omega = 2\pi f$.
φ	De beginfase van de harmonische trilling.

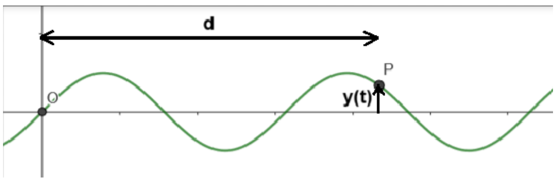
5.1.2 Golfvergelijking

Als we het uiteinde van een touw tot trillen brengen, dan heeft een punt op dat touw een bepaalde uitwijking die afhankelijk is van het tijdsstip en de positie van dat punt ten opzichte van de bron.

We kunnen de uitwijking of elongatie van een punt P van een golf schrijven als een functie y(x,t).

Bij deze formule is de voorwaarde dat de golf zich één-dimensionaal voortbeweegt en dat er geen demping of energieverlies plaatsvindt.

Stel we hebben een touw met daarop een punt P dat op een bepaalde afstand d van het startpunt of van de bron O zich bevindt. En wetende dat de golf sinusvormig is, dan kunnen we een formule opstellen voor de uitwijking in functie van de tijd.



$y(t) = Asin(\omega t)$

Als de golf zich verplaatst van punt O naar punt P dan zal de golf na een tijd Δt het punt p bereiken. Dus als het punt O gedurende tijd t trilt, dan trilt het punt P na een tijd t-Δt. Omdat we ervan uitgaan dat er geen energieverlies optreedt, mogen we aannemen dat de amplitude van alle punten op het touw hetzelfde zijn. We kunnen nu de uitwijking als volgt noteren:

$y(x,t) = Asin(\omega(t - \Delta \mathrm{t}))$

Doordat de golf zich eenparig voortplant met een snelheid v, kunnen we een formule opstellen voor de afstand d tussen punten O en P.

$d = v\ x\ \Delta \mathrm{t}$

We kunnen deze formule omvormen om de tijd te bepalen in functie van de afstand en de snelheid.

$\Delta \mathrm{t} = \frac{d}{v}$

Als we nu deze formule voor de tijd invullen in onze andere formule voor de uitwijking, dan is de formule voor de elongatie gelijk aan:

$y(x,t) = Asin\left(\omega\left(t - \frac{d}{v}\right)\right)$

We weten ook dat de snelheid v gelijk is aan de golflengte maal de frequentie van de golf.

$v = \lambda\ x\ f$

En dat de pulsatie ω gelijk is aan 2π op de tijd T, dus anders geschreven met de frequentie is de pulsatie is ook gelijk aan 2πf.

$\omega = 2\pi f$

We vullen nu deze twee formules in en we verkrijgen voor onze golffunctie:

$$y(x,t) = Asin(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d}{\frac{\lambda}{T}}\right))$$

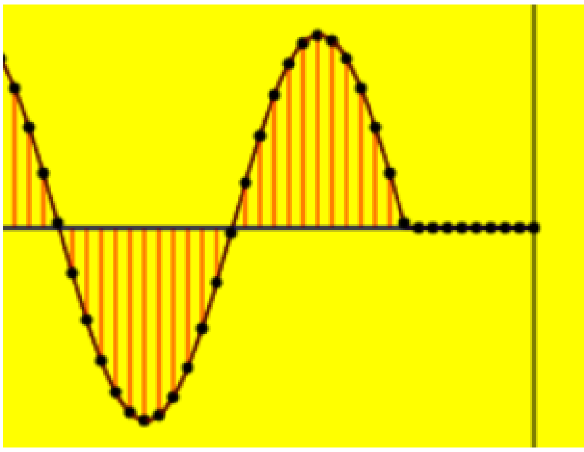
$$= Asin(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda}\right))$$

De uitwijking is nu dus de amplitude of de maximale uitwijking t.o.v. de evenwichtsstand keer de sinus van 2 pi maal de tijd op de periode min de afstand van het punt P tot de bron O op de golflengte van de golf.

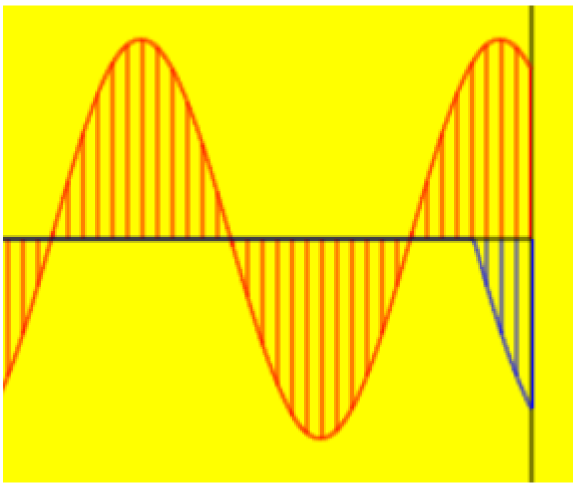
Met andere woorden de uitwijking is dus sterk afhankelijk van het tijdsstip en de positie van het punt op de golf.

5.2 Vast uiteinde

Allereerst zullen we het terugkaatsingsverschijnsel bespreken.

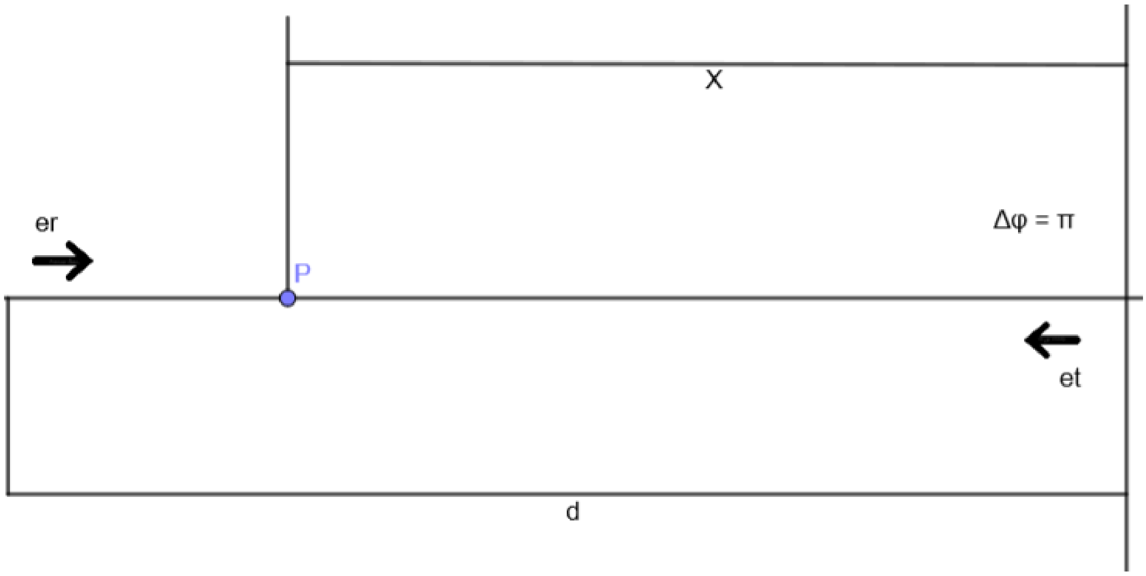


Op de linkerafbeelding is in het rood de uitgezonden golf afgebeeld met een vast uiteinde.



Op de rechterafbeelding zie je dat de uitgezonden golf wordt weerkaatst, maar niet onder dezelfde hoek. De teruggekaatste golf wordt met een faseverschuiving van pi radialen teruggekaatst t.o.v. de uitgezonden golf.

Om vervolgens een vergelijking voor een staande golf met een vast uiteinde op te stellen geven we eerst onze symbolen of tekens een betekenis of waarde. Zo zeggen we dat e_r de elongatie of uitwijking is van de uitgezonden golf en dat e_t de elongatie is van de teruggekaatste golf. De e_{tot} is dan de elongatie van de bekomen staande golf. Ook stellen we d gelijk aan de afstand van het touw of koord, en is x de afstand tussen het (vaste) uiteinde en een punt P op het touw. Lambda λ is hier ook weer de golflengte, A is de amplitude en ω is de pulsatie.



We stellen nu eerst de twee formules op van de uitgezonden golf en de teruggekaatste golf.

$$e_r = Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)\right)$$

$$e_t = -Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)\right)$$

De teruggekaatste golf is hier zoals je ziet negatief. Dit is omdat deze golf een tegengestelde zin heeft t.o.v. de uitgezonden golf, dus met een faseverschil van π radialen zoals in bovenstaande afbeelding uitgelegd.

Met het superpositiebeginsel kunnen we de twee golven optellen om de totale uitwijking te kunnen schrijven in één formule:

$$e_{tot} = e_r + e_t$$

$$e_{tot} = Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)\right) - Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)\right)$$

Toepassing wiskunde ➔ verschil van twee sinussen:

$$e_{tot} = 2A\sin\left(2\pi\frac{\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)-\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{x}\right)}{2}\right)\cos\left(2\pi\frac{\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)+\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)}{2}\right)$$

Verdere uitwerking levert:

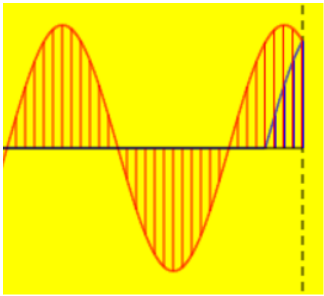
$$e_{tot} = 2Asin\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right)\cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d}{\lambda}\right)\right)$$

De elongatie of uitwijking is hier gelijk aan 2 keer de amplitude maal de sinus van 2 pi keer de afstand van het punt P tot het losse uiteinde op de golflengte, maal de cosinus van 2 pi keer de tijd op de periode min de afstand van de bron tot het vaste uiteinde op de golflengte.

Dit is nu de golfvergelijking voor een ééndimensionale staande golf met aan weerszijden een vast uiteinde.

5.3 Los uiteinde

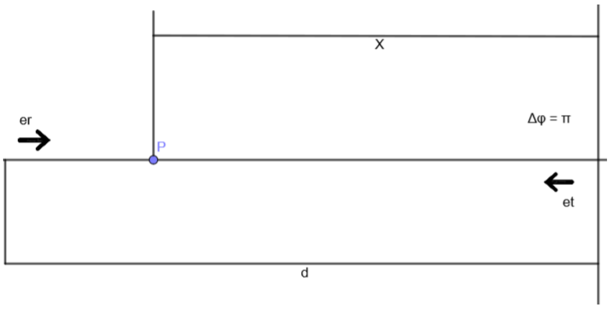
Hoe is het terugkaatsingsverschijnsel bij een los uiteinde?



Op deze afbeelding kan je opnieuw de uitgezonden golf zien in het rood. We nemen ook waar dat bij een los uiteinde de teruggekaatste golf in het blauw geen faseverschil heeft t.o.v. de uitgezonden golf.

Bij een los uiteinde is de staande golfvergelijking hetzelfde als bij een vast uiteinde, enkel is nu het faseverschil tussen uitgezonden en weerkaatste golf geen π radialen, maar nul radialen verschil.

In deze vergelijking zijn alle tekens en symbolen dezelfde zoals bij een vast uiteinde.



De situatie is ook dezelfde met het verschil dat we nu met een los uiteinde werken.

$$e_r = Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)\right)$$

$$e_t = Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)\right)$$

We passen nu ook weer het superpositiebeginsel toe.

$$e_{tot} = e_r + e_t$$

$$e_{tot} = Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)\right) + Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)\right)$$

Toepassing wiskunde ➔ som van twee sinussen:

$$e_{tot} = 2Asin\left(2\pi\frac{\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)+\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)}{2}\right)\cos\left(2\pi\frac{\left(\frac{t}{T}-\frac{d-x}{\lambda}\right)-\left(\frac{t}{T}-\frac{d+x}{\lambda}\right)}{2}\right)$$

En verdere uitwerking levert:

$$e_{tot} = 2Asin\left(2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{d}{\lambda}\right)\right)\cos\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right)$$

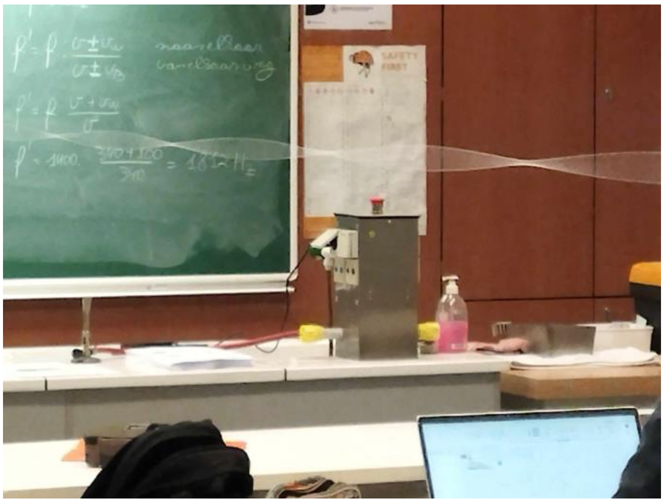
De elongatie of uitwijking is nu gelijk aan 2 keer de amplitude maal de sinus van 2 pi keer de tijd op de periode min de afstand van de bron tot het losse uiteinde op de golflengte, maal de cosinus van 2 pi keer de afstand van het punt P tot het losse uiteinde op de golflengte.

Dit is nu de vergelijking van een ééndimensionale staande golf om de elongatie te bepalen bij een los uiteinde.

6. Toepassing/voorbeeld

In de klas hebben we een opstelling opgebouwd. We hebben een koord opgespannen over een afstand van 653,1 cm. Aan het ene uiteinde hebben we het touw vastgeknoopt en aan het andere uiteinde bevindt zich de bron die het touw tot trillen brengt. Deze bron hebben we aangesloten op een Pasco-frequentiegenerator die vervolgens gekoppeld werd aan een laptop.

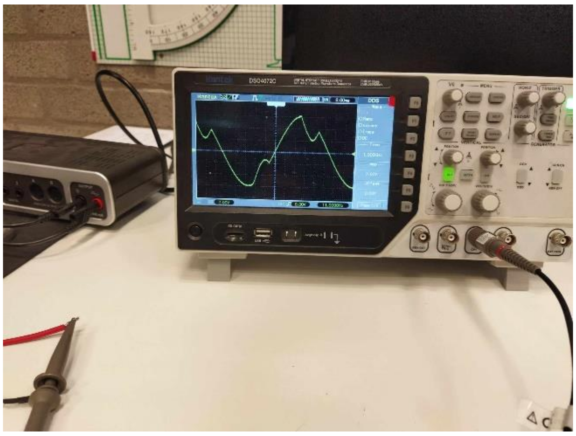
We hebben eerst de frequentie laten oplopen van 0 tot ongeveer 50 Hz. Elke keer dat er een staand golfpatroon zichtbaar was, werd de frequentie genoteerd.



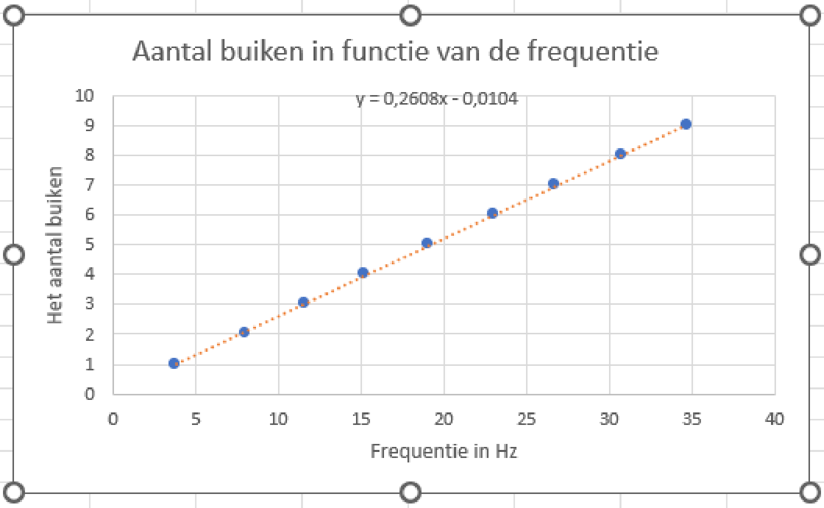
Na wat proberen en de frequentiegenerator verschillende keren anders in te stellen konden we concluderen dat de grondtoon gelijk was aan 3,9 Hz.

Ook zagen we dat de boventonen elk ongeveer een veelvoud hiervan waren.

We wisten ook dat de frequentiegenerator echter niet heel accuraat was bij lage frequenties. We hebben dit dan ook kunnen aantonen door een oscilloscoop aan te sluiten op het uitgezonden signaal van de generator. De uitgezonden golf was duidelijk geen perfecte sinusgolf bij lage frequenties.



3,8	1
8	2
11,6	3
15,2	4
19,1	5
23	6
26,7	7
30,8	8
34,7	9



Aan dit experiment zijn natuurlijk een aantal formules te koppelen. In de eerste kolom (kolom A) zijn het aantal getelde buiken weergegeven. In de tweede kolom zijn de frequenties weergegeven.

In de derde kolom (kolom C) zijn dan de golflengtes weergegeven van elke frequentie. De golflengte λ is gelijk aan de totale lengte L gedeeld door het aantal buiken n maal twee, omdat er twee buiken zijn per golflengte.

A	B	C	D	E
1	3,9	1306,2	5094,18	50,9418
2	7,8	653,1	5094,18	50,9418
3	11,7	435,4	5094,18	50,9418
4	15,6	326,55	5094,18	50,9418
5	19,5	261,24	5094,18	50,9418
6	23,4	217,7	5094,18	50,9418
7	27,3	186,6	5094,18	50,9418
8	31,2	163,275	5094,18	50,9418
9	35,1	145,133	5094,18	50,9418
10	39	130,62	5094,18	50,9418
11	42,9	118,745	5094,18	50,9418
12	46,8	108,85	5094,18	50,9418
13	50,7	100,477	5094,18	50,9418
14	54,6	93,3	5094,18	50,9418

$$\lambda = \frac{2}{n}L$$

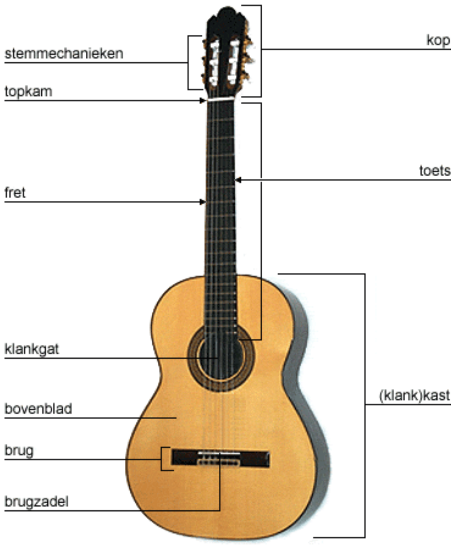
Vervolgens willen we bij iedere frequentie de snelheid van de golf bepalen in het touw. Snelheid kunnen we beschouwen als het product van de golflengte λ en de frequentie f. Deze snelheden worden weergegeven in kolom D.

$$v = \lambda \, x \, f$$

We zien dat alle snelheden gelijk zijn. Dat is logisch want deze snelheid is de golfsnelheid in/van het touw.

De snelheid staat in kolom D echter wel nog in centimeter per seconde, maar in kolom E wordt de snelheid weergegeven in meter per seconde.

7. De gitaarsnaar



Gitaarsnaren zijn dunne, langwerpige metalen of nylon draden die over de hals van je gitaar zijn gespannen, van de brug tot de stempinnen. Ze zijn verantwoordelijk voor het geluid van je gitaar wanneer je erop speelt. De trilling van de snaren veroorzaakt geluidsgolven die door de klankkast van de gitaar worden versterkt en door het klankgat worden geprojecteerd.

Maar hoe werken gitaarsnaren? Wanneer een snaar wordt aangeslagen doen we deze trillen, periodiek trillen. Deze periodieke trilling of golf plant zich voort in de snaar. Wanneer de golf het uiteinde van de snaar, dat kan de kam of een fret zijn, bereikt, wordt deze teruggekaatst. Door het interfereren van de uitgezonden golf met de teruggekaatste golf ontstaat er een staande golf in de snaar. Door deze staande golf gaat het bovenblad meetrillen en zo ook de klankkast.

De toonhoogte van het geluid wordt bepaald door de frequentie van de golf, hoe sneller de snaar trilt, hoe hoger de toonhoogte. Daarom produceren dikkere snaren lagere tonen dan dunnere snaren.

De klank van het geluid is afhankelijk van de eigenfrequentie van de opbouw van de gitaar. Als je bijvoorbeeld een bovenblad neemt van een ander materiaal, dan heeft dat een andere eigenfrequentie en dus ook een andere klank. Hetzelfde kan je ook hebben met het klankgat. De eigenfrequentie is afhankelijk van de grote, vorm en positie. Er zijn zo nog eigenschappen of onderdelen van de gitaar die de eigenfrequentie kunnen beïnvloeden.

Voor de klank is het ook belangrijk dat de gitarist boven het klankgat speelt. Dit is voor een mooie projectie van het geluid. Soms spelen gitaristen niet boven het klankgat om een andere klank te creëren.

Wanneer een snaar wordt aangeslagen, produceert hij niet slechts één frequentie, maar meerdere frequenties tegelijk. Deze extra frequenties worden ook harmonischen genoemd.

Harmonischen kunnen de toon van je gitaar sterk beïnvloeden. Ze kunnen boventonen produceren en ze kunnen een rijker, complexer geluid creëren.