

# Practicum Toon van de fles

## Trillingen

### Algemene beschrijving

#### Omschrijving

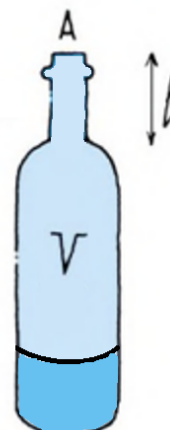
Als je lucht over de opening van een wijnfles blaast, hoor je een toon. Leerlingen onderzoeken eerst het verband tussen het volume van de lucht in de fles en de frequentie van de toon. Door vervolgens gebruik te maken van de formule van Helmholtz kunnen ze de geluidssnelheid in lucht bepalen (werkblad W2)

Het verband tussen de frequentie en het volume van de lucht in de fles wordt namelijk gegeven door de formule van Helmholtz (die we pas aan het eind van de les aan de leerlingen presenteren):

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V \cdot l}}$$

Hierin is:

- $f$  de frequentie in Hz
- $v$  de geluidssnelheid in m/s
- $A$  het oppervlak van de flesopening in  $\text{m}^2$
- $l$  de lengte van de flessenhals in m
- $V$  het volume van de lucht in de fles in  $\text{m}^3$



#### Leerdoelen inhoud

- De begrippen staande golven en resonantie gebruiken in een nieuwe situatie.
- De geluidssnelheid is constant bij constante temperatuur.
- Begrippenlijst: geluidssnelheid, staande golf, resonantie, gesloten luchtkolom

#### Leerdoelen vaardigheid

- Praktische vaardigheden
  - De leerling meet grootheden met een app
- Natuurkundige vaardigheden
  - De leerling: Ontwerpt een experiment en denkt daarbij na over afhankelijke en onafhankelijke grootheden
  - Ontwerpt observatie- en meetprocedures voor elke variabele
  - Denkt heen-en-weer tussen experiment en theorie (theorie als generalisatie uit vorige metingen).
  - Transformeert resultaten in tabellen en grafieken
  - Stelt relaties vast tussen twee afhankelijke grootheden

#### Voorkennis

- Geluidssnelheid
- Staande golven
- Resonantie

## Docentenhandleiding

- Open en gesloten luchtkolom

### Benodigheden

- (Wijn)fles (met een hals waarbij de diameter niet teveel verandert)
- Telefoon met app om frequentie te meten
- Maatcilinder
- Water
- Liniaal

### Klassikale introductie van het practicum

- Blaas over de opening van een fles. Hoe ontstaat de toon? Welk natuurkundig begrip hoort hier bij? Horen we de grondtoon of een boventoon? (Blaas harder over de opening om een boventoon te laten horen). Waar zie je dit verschijnsel nog meer (alle muziekinstrumenten!)? Waar zitten de knopen en buiken?
- Laat leerlingen tijdens het practicum (in groepjes) nadenken over:
  - de nauwkeurigheid van de bepaling van  $f$  met de app.
  - hoe ze het volume van de lucht in de fles kunnen meten.
- Laat leerlingen de diameter van de flesopening en de lengte van de hals bepalen. Deze waarden hebben de leerlingen nodig bij de verwerkingsopdracht (werkblad W2).
- De formule van Helmholtz wordt nog niet met de leerlingen gedeeld.
- Laat leerlingen nadenken welke grootheden tijdens het practicum constant gehouden moeten worden en hoe ze dit gaan doen.
- Laat leerlingen een geschikte app downloaden (bijvoorbeeld *frequentie counter*) om de frequentie te meten. Geef dit bijvoorbeeld als huiswerk op.

### Aanrommelfase leerlingen

- Leerlingen moeten even oefenen met het juist over de opening van de fles blazen voor het produceren van een 'goede' toon.

### Meting leerlingen

- Meten leerlingen geluiden van andere groepjes? Misschien kan een aantal groepjes op een andere rustige plek meten (gang, kabinet).
- De gemeten waarden voor de frequentie fluctueren. Welke waarde kiezen de leerlingen?

### Korte klassikale aanwijzingen in de loop van het practicum

- De gegeven waarde van de app fluctueren een beetje dus afronden op een geheel getal lijkt hier verdedigbaar.
- Bij het bepalen van een verband tussen twee grootheden is het niet verstandig om een scheurlijn te gebruiken.
- Afhankelijk van het type fles zijn tussenstapjes van 50-100 ml in  $V$  handig om iets over het verband tussen  $f$  en  $V$  te kunnen zeggen (én om later een nauwkeurige waarde te krijgen voor de geluidssnelheid (werkblad W2)).
- Geef halverwege een klassikaal voorschrift als je merkt dat groepjes leerlingen onhandig bezig zijn en geen werkbare data krijgen, bijvoorbeeld doordat ze het volume verkeerd hebben bepaald.

## Docentenhandleiding

### Klassikale nabespreking

- Geef leerlingen eerst de opdracht om naar elkaars borden te kijken. Welke verschillen zie je? Welke overeenkomsten zie je?
- Welke grootheden zijn bij dit practicum constant gebleven? Op welke manier hebben jullie hier voor gezorgd?
- Welk verband is er tussen  $f$  en  $V$ ? Hoe kun je dat zien aan de waarden in de tabel? Hoe kun je dit zien aan de vorm van de grafiek?
- Wordt de flessenhals wel/niet meegenomen bij het bepalen van het volume? Maakt dit uit voor het gevonden verband?
- Leerlingen gebruiken verschillende eenheden voor de grootte  $V$ . De eenheid maakt voor de vorm van de grafiek niet uit maar bij de vervolgoopdracht, het bepalen van  $v$ , wel.
- Als er tijd is: een leerling zegt:  $\frac{V}{A} = l$  dus  $\sqrt{\frac{A}{V \cdot l}} = \sqrt{\frac{1}{l^2}} = \frac{1}{l}$ . Wat is daar fout aan als je dit toepast op de fles?
- Tenslotte de vraag ‘wat heb je geleerd’ over natuurkunde (inhoudelijk) en over experimenteel onderzoek doen (vaardigheden).

### Organisatie

- Benodigde tijd: 120 minuten (introductie, uitvoering, verwerking, discussie, werkblad W2). Werkblad W2 zou eventueel als huiswerk opgegeven kunnen worden om lestijd te besparen.
- Leerlingen werken in groepjes van drie en geven een overzicht van hun ontwerp en resultaten op een whiteboard.
- Elke leerling krijgt zijn eigen kleur stift zodat naderhand duidelijk is welke leerling wát heeft opgeschreven.
- Klassikale bespreking met whiteboards.
- Het kringgesprek vindt plaatst in een kring. De leerlingen staan achter hun bord.
- Na dit practicum maken de leerlingen werkblad W2.
- Leerlingen die de uitwerking van W2 snel onder de knie hebben, kunnen voor het bord worden gehaald om de andere leerlingen uitleg te geven.
- Wanneer je zeker wilt zijn dat leerlingen een realistische waarde krijgen voor de geluidssnelheid, zouden ze allemaal met dezelfde waarden (zoals in: voorbeeld resultaten) kunnen werken.
- Het practicum kan ook worden afgesloten met het schrijven van een verslag, afhankelijk van de leerdoelen van de docent.

### Voorbeeld resultaten

Voorbeeld van hoe de resultaten van leerlingen eruit kunnen zien.

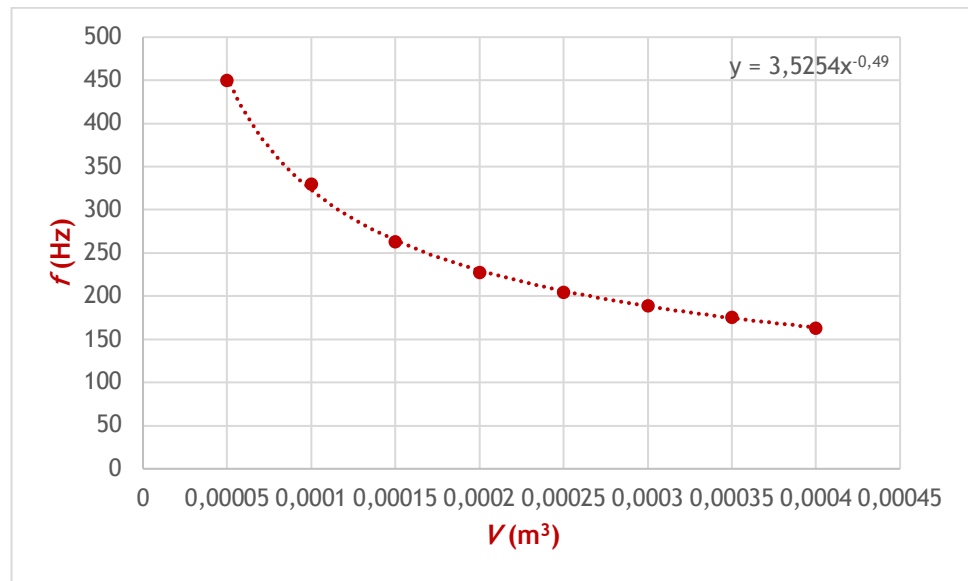
$$d_{\text{hals}} = 1,8 \text{ cm}$$

### Docentenhandleiding

$$A_{\text{hals}} = 2,8 \text{ cm}^2 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$l_{\text{hals}} = 7,0 \text{ cm}$$

$V(\text{m}^3)$	$f(\text{Hz})$
$4,00 \cdot 10^{-4}$	163
$3,50 \cdot 10^{-4}$	176
$3,00 \cdot 10^{-4}$	189
$2,50 \cdot 10^{-4}$	205
$2,00 \cdot 10^{-4}$	228
$1,50 \cdot 10^{-4}$	263
$1,00 \cdot 10^{-4}$	330
$0,50 \cdot 10^{-4}$	450



Het verband tussen  $f$  en  $V$  lijkt, gezien de vorm van de grafiek, een omgekeerd evenredig of een omgekeerd wortelverband te zijn. Met behulp van de verwerkingsopdracht komen leerlingen erachter dat het verband tussen  $f$  en  $V$  een omgekeerd wortelverband is.