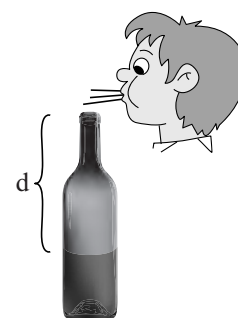


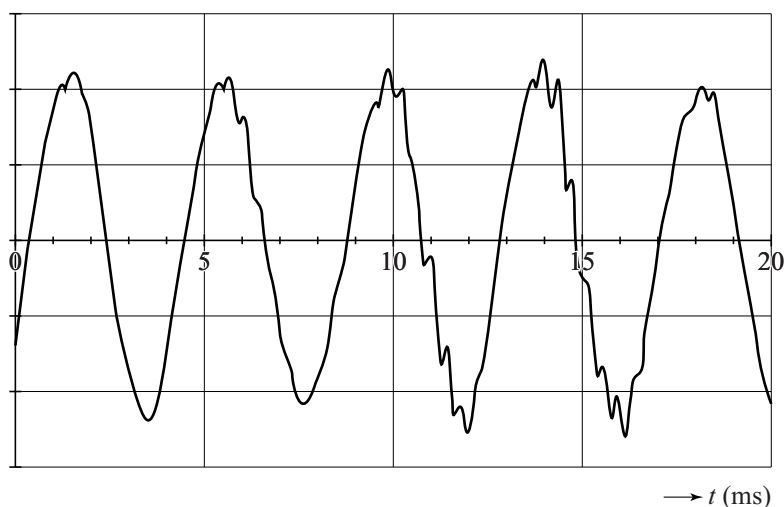
Onderzoek naar geluid uit een fles

Chiara en Michel doen onderzoek aan geluid uit een fles. Zij blazen lucht over de hals van een fles en horen geluid. De fles is gevuld met water tot een afstand d onder de flesopening. Zie figuur 1. Bij kamertemperatuur meten zij het geluid met een geluidssensor. Bij een afstand $d = 13,0$ cm vinden zij de grafiek van figuur 2.

figuur 1



figuur 2



Uit figuur 2 volgt dat de grondfrequentie van het geluid $2,4 \cdot 10^2$ Hz is.

2p 1 Toon dat aan.

Michel denkt dat dit geluid ontstaat doordat er in de fles een staande golf ontstaat met een knoop bij het wateroppervlak en een buik bij de flesopening. Met deze gegevens berekent Michel de geluidssnelheid en vindt een uitkomst die niet overeenkomt met de waarde in BiNaS.

3p 2 Voer de volgende opdrachten uit:

- Toon aan dat de berekende geluidssnelheid niet overeenkomt met die in BiNaS.
- Toon aan dat de gemeten frequentie geen boventoon kan zijn.

Chiara en Michel gaan op zoek naar een andere verklaring. Bij een excursie in het Teylers Museum zien zij een set helmholtz-resonatoren uit de 19e eeuw. Deze werden gebruikt om te analyseren welke toonhoogtes in een stem voorkwamen. Zie figuur 3. Eenmaal thuisgekomen vinden ze op internet een site over helmholtz-resonatoren en vinden de formule:

figuur 3



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

Hierin is:

- v de geluidssnelheid in m s^{-1} ;
- A het oppervlak van de resonatoropening in m^2 ;
- V het volume van de lucht in de resonator in m^3 ;
- ℓ de lengte van de hals van de resonator in m.

1p **3** Beschrijf een methode om het volume van de lucht in de fles te meten.

Chiara en Michel gaan deze formule op de fles toepassen.

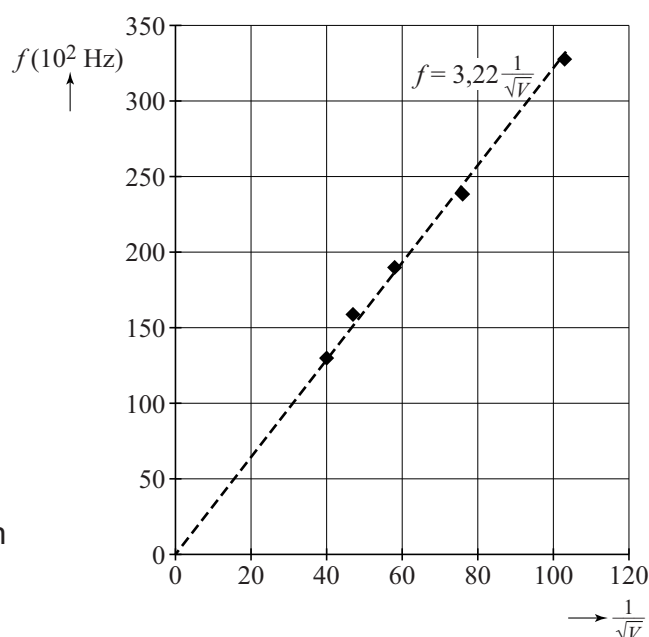
Voor hun fles meten ze: $A = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ en $\ell = 0,070 \text{ m}$.

Verder meten ze de frequentie als functie van het volume. Zie tabel 1.

tabel 1

V (10^{-6} m^3)	f (10^2 Hz)
94	3,3
172	2,4
298	1,9
448	1,6
630	1,3

figuur 4



Ze laten een rekenprogramma op de computer een coördinaat-transformatie toepassen. Daarna laten ze het programma een lijn (trendlijn) door de punten tekenen en de functie van die lijn bepalen. Zie figuur 4. De eenheid langs de horizontale as staat niet vermeld.

2p **4** Leg uit wat de eenheid langs de horizontale as moet zijn.

4p **5** Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef de reden dat de lijn door de oorsprong moet gaan.
- Bereken de geluidssnelheid met behulp van de gegeven functie.
- Leg uit of Chiara en Michel mogen concluderen dat hun proef beschreven mag worden met de formule van Helmholtz.

Je ziet dat de frequentie-metingen zijn gegeven in 2 significante cijfers, maar dat de helling van de getekende lijn gegeven is in 3 significante cijfers.

1p **6** Geef de reden dat hierbij het aantal significante cijfers toeneemt.