**Natuurkunde van de panfluit**

[subtitel]Bepaling van de geluidssnelheid

[onderwerpsymbool GS]

[B]

Tijd

15-20 minuten

Bereik

Klas 5

[inleidend kader]

In deze demonstratie gebruiken we een zelfgemaakte panfluit en doen we metingen aan de lengte van de buizen en met de phyphox app aan de bijbehorende frequentie. De theorie van staande golven in een open en een gesloten buis levert vervolgens een nauwkeurige bepaling van de geluidssnelheid.

[eind kader]

[FP01\_figuur 1]

*Figuur 1. De demonstratie heeft niet veel nodig: een paar pvc buizen van verschillende lengtes en je telefoon.*

**Nodig**

5 pvc buizen met verschillende lengtes maar met zelfde diameter; telefoon met phyphox.

**Voorbereiding**

Start de phyphox app en laad het Jupyter Notebook.

**Uitvoering**

Deze demonstratie sluit aan bij de theorie over staande golven.

1. Blaas over een lange buis met je duim op de onderkant van de buis.

*Is de toon hoger/ lager of gelijk is aan de toon die je krijgt als je over een korte buis blaast. Waardoor?*

Blaas over de korte buis om uitsluitsel te geven.

1. Leg uit dat je de relatie tussen de lengte van de buis en de toonhoogte (resonantiefrequentie) wilt bepalen. Meet vervolgens voor alle buislengtes de bijbehorende frequenties Gebruik de phyphox app voor de frequentie metingen.
2. Zet de gegevens in het Notebook. Je kunt de leerlingen vragen om de geluidssnelheid zelf te bepalen, uitgaande van . Ze zien dan, dat de berekende golfsnelheid telkens toeneemt. Dat is vreemd! Die ervaring van ’vreemd’ kun je gebruiken om aannemelijk te maken dat het nuttig is om de resultaten met de computer/grafisch te analyseren. Run vervolgens de cellen, zodat je de grafieken ziet. *Klopt het dat de frequentie lager wordt naarmate de buis langer wordt?*

Besteed bij de uitleg aandacht aan het lineaire verband tussen de frequentie van de grondtoon en de reciproke van de lengte van de buis . De richtingscoëfficiënt geeft de geluidssnelheid.

*Maar klopt de waarde eigenlijk ook als je maar één meting gebruikt? Waardoor niet?*

1. Blaas hard over de buis. Je hoort dan duidelijk een boventoon waaraan je kunt meten. Controle: *Maak en tekening van een mogelijke boventoon in de buis. Bereken op basis van die tekening, de resonantiefrequentie.*

Controleer deze frequentie met een meting.

[FP01\_figuur 2]

*Figuur 2. De data gepresenteerd met coördinaattransformatie. Op basis van de functiefit volgt hieruit de geluidssnelheid in lucht.*

**Natuurkundige achtergrond**

In de open-gesloten buis is de grondfrequentie gelijk aan:

We noteren hier omdat de buik niet precies op de opening van de buis ligt, maar er net buiten. Er geldt dus:

Hierin is een systematische afwijking. Dit verklaart ook waarom je metingen bij meerdere lengtes nodig hebt.

**Tips**

Als je hard op de buis blaast, hoor je duidelijk een van de boventonen. Het HAVO examen 2017-2 (opgave 1) gaat ook in op deze demonstratie en gebruik je om verder te oefenen. In plaats van buizen met verschillende lengte te gebruiken kun je ook één zijde onderdompelen in een hoge maatcilinder. De effectieve lengte van de buis is dan eenvoudig te veranderen. Een aardige variant op deze demonstratie is hier te zien: (https://youtu.be/eaeyIJAYsvo).