

Kaval

Een kaval is een Turkse herdersfluit. Zie figuur 1.

figuur 1



De lucht in de fluit wordt in trilling gebracht door over een mondstuk heen te blazen.

Jeroen ziet op internet een filmpje van een kaval en besluit deze fluit te onderzoeken. Uit het filmpje blijkt dat de kaval 700 mm lang is. Hij vergelijkt het geluid van de kaval met zuivere tonen uit een toongenerator en ontdekt dat 277 Hz de laagste toonhoogte is die de kaval kan produceren.

Jeroen beschouwt de kaval als een buis met twee open uiteindes. Hij neemt aan dat de luchttemperatuur 20 °C is. Hij berekent dat de laagst mogelijke toon dan 245 Hz is.

3p **1** Toon dat aan met een berekening.

Jeroen gaat uitzoeken waarom de toon in werkelijkheid hoger is dan hij heeft berekend. Hij onderzoekt drie mogelijke verklaringen.

Hij vraagt zich als eerste af of hij de kaval beter kan modelleren als een buis met één open en één gesloten uiteinde in plaats van een buis met twee open uiteinden.

4p **2** Voer de volgende opdrachten uit:

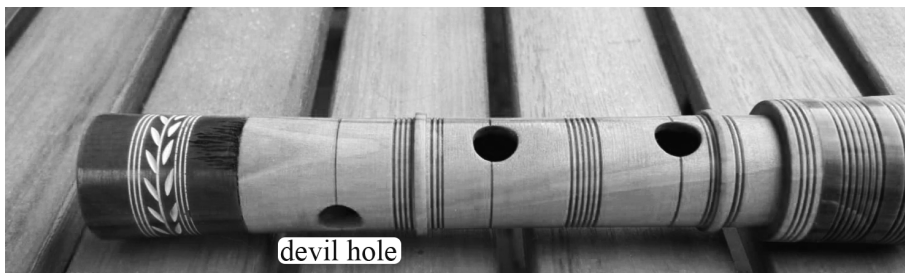
- Geef op de uitwerkbijlage voor beide modellen het patroon van knopen (K) en buiken (B) dat hoort bij de grondtoon.
- Leg aan de hand van dit patroon uit dat het verschil tussen de gemeten en berekende laagste toonhoogte van de kaval niet verklaard kan worden door de keuze voor dit model.

Jeroens tweede verklaring voor het verschil in toonhoogte is dat de luchttemperatuur tijdens de meting niet gelijk was aan $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hij gebruikt weer het model met twee open uiteinden. Hij berekent dat de geluidssnelheid dan 387 m s^{-1} geweest moet zijn.

- 2p 3 Leg met behulp van het informatieboek uit dat ook deze verklaring niet goed kan zijn.

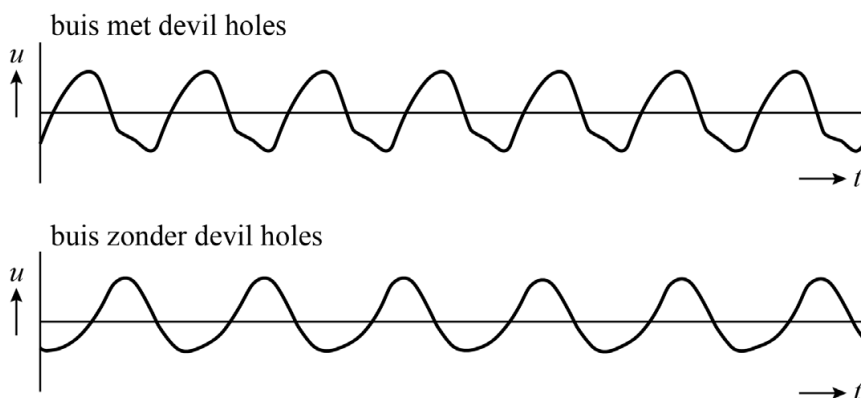
Jeroens derde verklaring heeft te maken met extra gaten aan het uiteinde van de kaval die niet met de vingers worden gesloten, de zogenaamde devil holes. Zie figuur 2.

figuur 2



Devil holes zorgen voor boventonen en kunnen ook invloed hebben op de hoogte van de grondtoon. Om de invloed van de devil holes te onderzoeken, neemt Jeroen twee even lange buizen. Hij boort in één buis devil holes. Hij maakt voor beide buizen een (u, t) -diagram van de laagste toon. Voor de buis zonder devil holes is de laagste toon 245 Hz . Zie figuur 3. Er staan geen waarden bij de assen, maar de tijdschaal is voor beide diagrammen gelijk.

figuur 3



- 4p 4 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie van de laagste toon van de buis met devil holes.
 - Geef aan of devil holes een aannemelijke verklaring kunnen zijn voor het verschil tussen gemeten ($f = 277\text{ Hz}$) en berekende ($f = 245\text{ Hz}$) laagste toonhoogte van de echte kaval.