

## Mondharp

Een mondharp is een muziekinstrumentje met een metaalplaatje dat maar aan één kant vast zit. Dit metaalplaatje kan als 'trilplaatje' gebruikt worden, zie figuur 1. Het instrumentje wordt met de pootjes tegen de voortanden gezet. Zie figuur 2. Door het metaalplaatje aan te slaan, gaat het plaatje trillen en produceert een grondtoon.

figuur 1

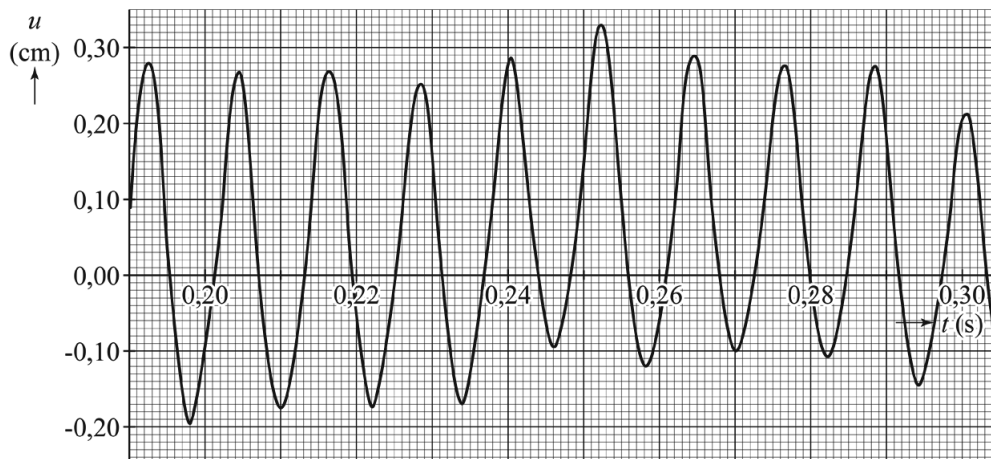


figuur 2



Met behulp van een computermeting kan een  $(u, t)$ -diagram van de trilling van het metaalplaatje worden gemaakt. Het diagram hiervan is weergegeven in figuur 3. Hierin is de uitwijking uitgezet tegen de tijd. Op de uitwerkbijlage is figuur 3 nogmaals gegeven.

figuur 3



- 3p 18 Bepaal, met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de frequentie van de grondtoon van deze mondharp.

Een andere mondharp heeft een metaalplaatje van 8,5 cm lang, 3,5 mm breed en 0,50 mm dik. Het metaalplaatje is gemaakt van staal.

3p **19** Bereken de massa van het metaalplaatje.

De frequentie van de grondtoon van het metaalplaatje wordt gegeven

door:  $f_g = c \frac{vd}{\ell^2}$ .

Hierin is:

- $f_g$  de frequentie in Hz;
- $v$  de geluidssnelheid in het materiaal van het metaalplaatje in  $\text{m s}^{-1}$ ;
- $d$  de dikte van het metaalplaatje in m;
- $\ell$  de lengte van het metaalplaatje in m;
- $c$  een constante, met een waarde van 0,162.

3p **20** Toon aan dat de constante  $c$  geen eenheid heeft.

3p **21** Bereken de frequentie van de grondtoon van deze mondharp.

Naast de grondtoon produceert een mondharp ook boventonen.

2p **22** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaats van de knopen K en buiken B aan op het metaalplaatje als dit plaatje trilt met de eerste boventoon.

Een mondharp gebruikt de mondholte en keelholte als klankkast. Deze holtes vormen samen een luchtkolom met een open en een gesloten uiteinde. Door de lengte van deze luchtkolom te

**figuur 4A**



**figuur 4B**



veranderen, verandert de klank van de toon, omdat verschillende tonen versterkt worden. Zie figuur 4A en 4B.

In figuur 4A is de keelholte open. In figuur 4B staat de mondholte niet meer in verbinding met de keelholte.

2p **23** Leg uit welke situatie (figuur 4A of 4B) geschikt is voor het versterken van een zo laag mogelijke toon.

De lengte van de mond- en keelholte tot aan de stembanden is 17 cm.

Deze lengte is gelijk aan een kwart van de golflengte. De temperatuur van de lucht in de mond en de keel is 313 K.

3p **24** Bereken de frequentie van de laagste toon die dan versterkt wordt.