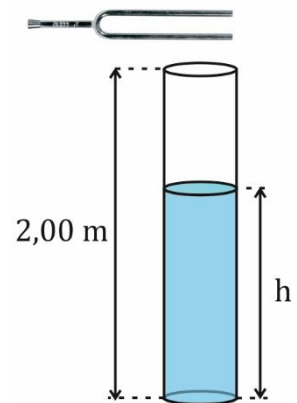


**Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.**

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

### Opgave 1

Een stemvork van 440 Hz wordt boven een met water gevulde buis gehouden (zie nevenstaande afbeelding). De buis heeft een totale lengte van 2,00 m en kan tot verschillende hoogten  $h$  met water worden gevuld. Dit experiment wordt in een klaslokaal uitgevoerd bij een temperatuur van 20 °C. Om te beginnen wordt de buis geheel met water gevuld. Vervolgens laat men het waterniveau langzaam dalen. Gedurende het dalen van het waterniveau meet men bij de opening van de buis voortdurend de geluidssterkte.



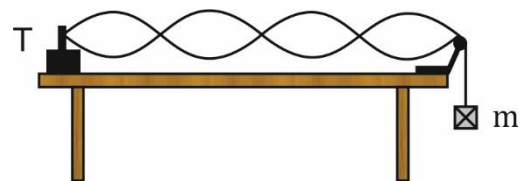
- Bereken** voor welke waarde van hoogte  $h$  voor het eerst resonantie optreedt.
- Bereken** alle andere waarden voor  $h$ , waarbij er resonantie optreedt.

Op een zeker moment is de hoogte  $h$  zodanig ingesteld dat er resonantie treedt. Men gaat onderzoeken wat het effect van de temperatuur op dit verschijnsel is. Daartoe gaat men naar buiten waar het op dat moment beduidend kouder is.

- Meet men nu nog steeds steeds dezelfde resonantie als in het klaslokaal ?  
Zo ja, **leg uit** waarom er geen effect van de temperatuur is.  
Zo nee, **leg uit** hoe dit komt en geef aan of  $h$  groter of kleiner moet worden om hetzelfde knopen- buikenpatroon in de buis te krijgen als in het klaslokaal.

### Opgave 2

Een snaar wordt door trillingsapparaat T in trilling gebracht. De snaar wordt gespannen door de massa  $m$ . De frequentie van de trilling is gelijk aan 24,0 Hz zodat het knopen- en buikenpatroon in de snaar ontstaat zoals afgebeeld. De lengte van de snaar bedraagt 1,80 m.



- Leg uit** waarom in bovenstaande situatie sprake is van interferentie. Als bovenstaande trilling ( $f = 24$  Hz) wordt belicht met een stroboscoop met een frequentie van 48 Hz. Dan zie de twee standen van het koord zoals weergegeven in de afbeelding. De twee standen lijken stil te staan. Als de frequentie iets wordt vergroot dan lijken de twee standen langzaam te bewegen.
- Leg uit** waardoor de twee standen stil lijken te staan.
- Leg uit** waardoor bij iets grotere frequentie de twee standen langzaam lijken te bewegen.
- Bereken** de golfsnelheid.
- Bereken** de laagst mogelijke frequentie waarbij een staande golf ontstaat.

### Opgave 3

Professor Barrett en twee studenten staan op een loopbrug en bewegen ritmisch op en neer met een bepaalde frequentie. Daardoor komt de hele brug in trilling.

Deze situatie is gefilmd. Op de uitwerkbijlage staat een serie beelden uit die film. Bekijk deze beelden (serie 1) voordat je verder leest.

Aan de beweging van de rechervoet van professor Barrett is een videometing gedaan. Het bijbehorende (s,t)-diagram is weergegeven in nevenstaande afbeelding.

a) **Bepaal** de amplitude van de trilling die de voet van de professor uitvoert.

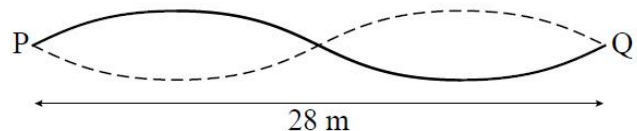
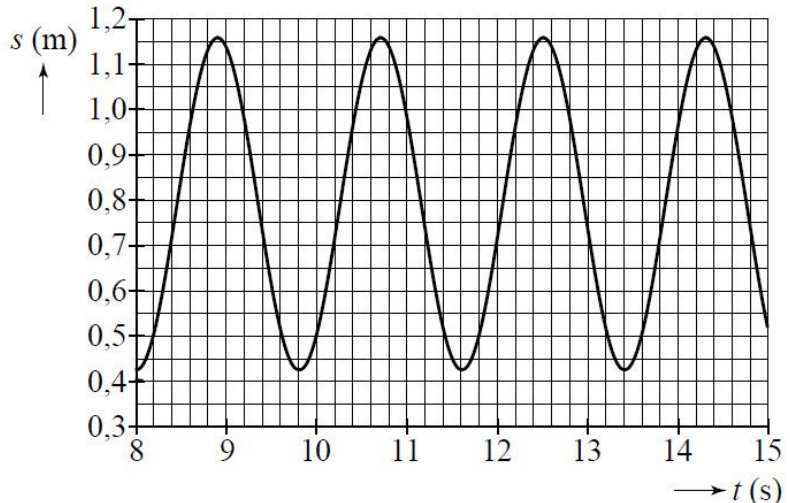
De frequentie van de trilling van de voet is gelijk aan 0,56 Hz.

b) **Toon dat aan** met behulp van nevenstaande afbeelding.

c) **Bepaal** de maximale snelheid van de voet.

De brug is ook van opzij gefilmd terwijl de professor en de studenten weer met een frequentie van 0,56 Hz op en neer bewegen. Ook van deze film staan op de uitwerkbijlage twee beelden. Bekijk deze beelden (serie 2) voordat je verder leest.

Door de beweging van de professor en de studenten worden in de brug lopende golven opgewekt die tegen de vaste uiteinden P en Q van de brug weerkaatsen. Bij deze frequentie ontstaat dan de staande golf waarvan in nevenstaande afbeelding de uiterste standen schematisch zijn weergegeven. Deze figuur is niet op schaal. De lengte van de brug is 28 m.



d) **Bereken** de voortplantingsnelheid van de lopende golven in de brug.

Op een andere film bewegen de professor en de studenten met een hogere frequentie op en neer. Op die manier kunnen ze staande golven in de brug opwekken met meer buiken en knopen.

Zie nevenstaande afbeelding. Op deze film bewegen zij met een frequentie van 0,84 Hz.

Op de uitwerkbijlage zijn de vaste uiteinden P en Q van de brug getekend.



e) **Teken** in de figuur op de uitwerkbijlage de uiterste standen van de staande golf die bij deze frequentie in de brug ontstaat. Licht je tekening toe met een berekening of een redenering.

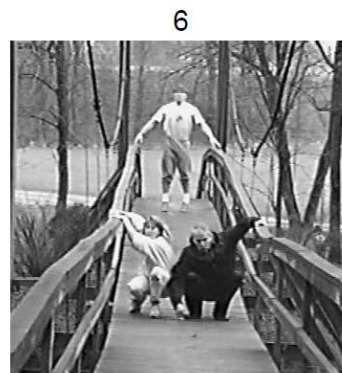
Aan beide kanten van de brug staat een waarschuwingsbord met de tekst:

*Indien u met meerdere personen tegelijk over deze brug wilt lopen, is het veiliger om uit de pas te lopen!*

(Marcherende soldaten lopen in de pas. 'Uit de pas lopen' betekent juist niet in de pas lopen.)

f) **Leg uit** waarom dat een goed advies is.

serie 1



serie 2



P•

•Q