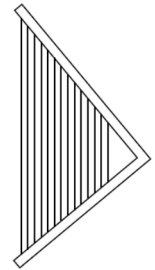


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

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

### Opgave 1

Al in het oude Egypte speelde men harp. In nevenstaande foto zie je een Egyptenaar een hoekharp bespelen. De hoekharp is in nevenstaande afbeelding eveneens schematisch getekend. De snaren van deze hoekharp zijn allemaal even dik, van hetzelfde materiaal en met dezelfde spankracht gespannen.



Als een snaar wordt aangetokkeld, gaat hij trillen. De golfsnelheid in elke snaar is  $4,0 \cdot 10^2$  m/s. Eén van de snaren heeft een lengte van 45 cm.

- Bereken** de frequentie van de grondtoon van deze snaar.
- Leg uit** of een langere snaar een hogere of een lagere grondtoon geeft.

Als een snaar trilt, kan de harpist de eerste boventoon laten horen door op de juiste plek de snaar met een vinger licht te dempen.

Op de uitwerkbijlage is de snaar twee keer getekend.

- Voer de volgende opdrachten uit:
  - Geef op de uitwerkbijlage de plaats van de knoop/knoppen (K) en buik/buiken (B) aan bij een snaar die trilt in de grondtoon.
  - Geef op de uitwerkbijlage de plaats van de knoop/knoppen (K) en buik/buiken (B) aan bij een snaar die trilt in de eerste boventoon.
  - Geef in de tekening van de grondtoon met een pijltje aan waar de harpist de snaar licht gedempt heeft.

De golfsnelheid  $v$  in een snaar is te berekenen met

$$v = \sqrt{\frac{F_s \cdot \ell}{m}}$$

Hierin is:

- de spankracht (in N);
- de lengte van de snaar (in m);
- $m$  de massa van de snaar (in kg).

- Laat zien dat  $v = \sqrt{\frac{F_s \cdot \ell}{m}}$  dezelfde eenheid heeft als  $v$ .

Tegenwoordig kan men snaren kopen die gemaakt zijn van staal of van nylon. We vergelijken een stalen snaar met een nylon snaar. Beide snaren zijn even lang, even dik en met dezelfde kracht gespannen.

e) **Leg uit** welke snaar de hoogste toon geeft.

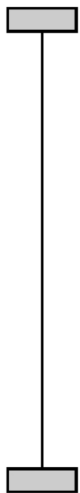
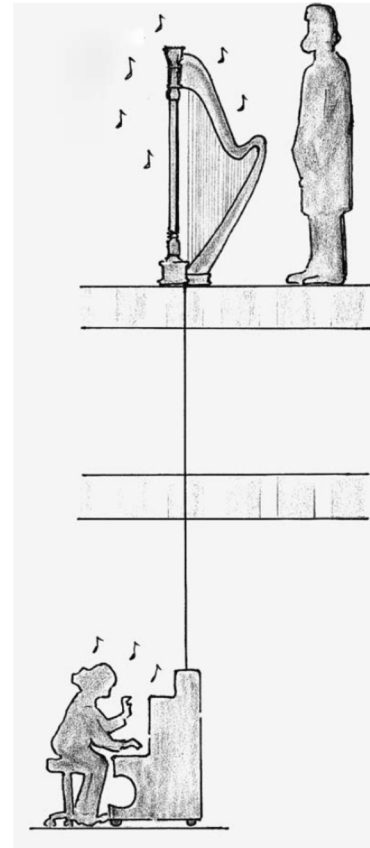
Professor John Tyndall heeft in 1867 tijdens een lezing van het Royal Institution in Londen een harp op 'magische wijze' een wijsje laten spelen.

In de vloer van de zaal was precies onder de harp een gat geboord. In dit gat paste een houten stok die in de kelder op de klankkast van een piano steunde en in de zaal contact maakte met de harp.

Als er in de kelder op de piano werd gespeeld, leek het in de zaal alsof de harp uit zichzelf muziek begon te maken. Zie nevenstaande afbeelding.

f) Beantwoord nu de volgende vragen:

- Op welk natuurkundig verschijnsel is deze demonstratie gebaseerd?
- Wat is de rol van de houten stok bij deze demonstratie?



grondtoon



eerste boventoon

## Opgave 2

Een homogene, dunne metalen staaf wordt verticaal opgesteld en ingeklemd. Met behulp van een trillingsapparaat wordt de staaf in trilling gebracht. We voeren de frequentie langzaam op. Slechts bij zeer bepaalde frequenties leidt interferentie tot een staande golf in de staaf.

a) Hoe heet dit verschijnsel?

We belichten de staaf met een stroboscoop. Nevenstaande afbeelding. Bij een flitsfrequentie van 104 Hz zien we steeds de opeenvolgende uiterste standen van de staande golfbeweging. Het deel van de staaf waarin de staande golfbeweging optreedt, heeft een lengte van 49 cm.

b) **Bepaal** de golflengte van de staande golf.

c) **Bereken** de golfsnelheid.

