

- 37 Een bekken is een ronde metalen schijf die in het midden op een standaard is geklemd. Zie figuur 9.80.

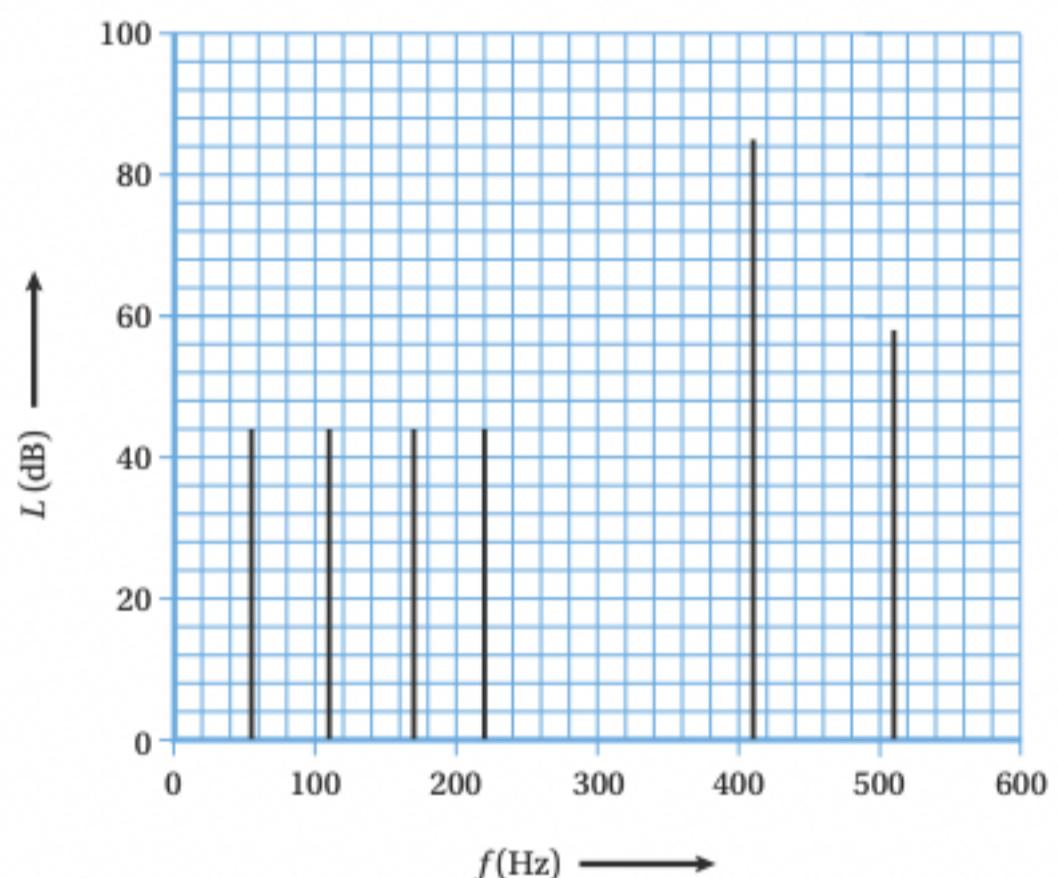
Ruud onderzoekt het geluid dat een bekken produceert.

Op 4,5 m afstand van het bekken zet hij een microfoon neer die hij verbindt met een computer. De computer analyseert het ontvangen signaal en maakt een grafiek van de geluidssterkte als functie van de ontvangen frequenties. Zie figuur 9.81. Hoe harder het geluid, hoe groter de geluidssterkte.

Ruud zoekt een verklaring voor de frequentieverhouding van de laagste vier tonen van figuur 9.81. In een boek over muziekinstrumenten vindt hij het plaatje van figuur 9.82 met enkele trillingstoestanden van een bekken.

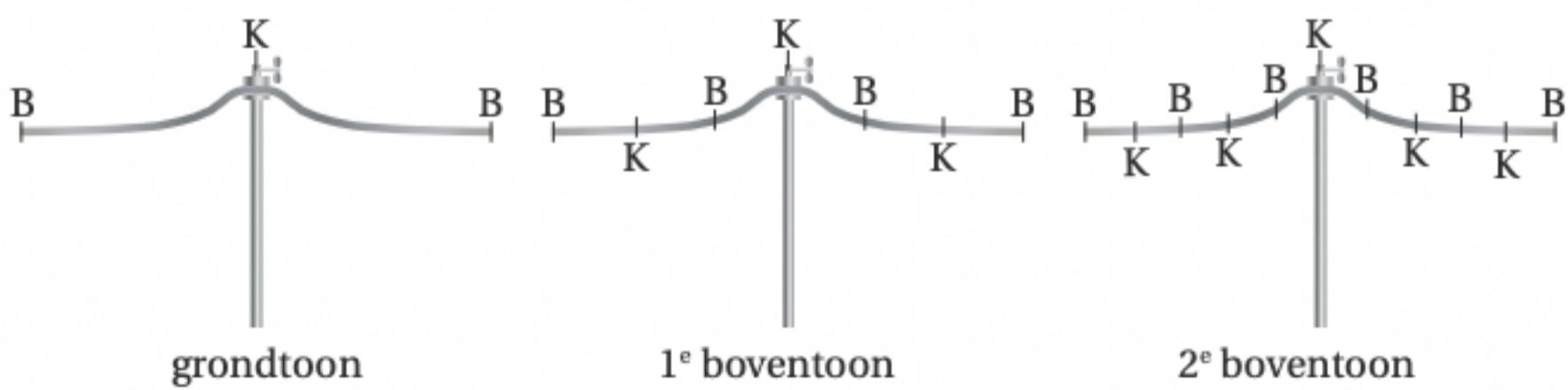


Figuur 9.80



Figuur 9.81

De plaatsen van de knopen van de staande golven in het bekken zijn aangegeven met een letter K, de plaatsen van de buiken met een B.



Figuur 9.82

Opgave 37

- a De afstand tussen een knoop en een buik komt overeen met $\frac{1}{4}\lambda$. Grondtoon BKB.

Hieruit volgt: $\ell = \frac{1}{2}\lambda$ en dus $\lambda = 2\ell$.

1^e boventoon BKBKBKB.

Hieruit volgt: $\ell = 1\frac{1}{2}\lambda$ en dus $\lambda = \frac{2}{3}\ell$.

2^e boventoon BKBKBKBKB.

Hieruit volgt: $\ell = 2\frac{1}{2}\lambda$ en dus $\lambda = \frac{2}{5}\ell$.

De golflengten verhouden zich dan als $2\ell : \frac{2}{3}\ell : \frac{2}{5}\ell$.

Uit $v = f \cdot \lambda$ volgt dan dat de frequenties zich verhouden als $1 : 3 : 5$.

Uit figuur 9.81 van het boek volgt dat de verhouding van de frequenties gelijk is aan $55 : 110 : 165$ ofwel $1 : 2 : 3$.

Dus de patronen van buiken en knopen uit figuur 9.82 van het boek stemmen niet overeen met de verhoudingen van de frequenties van de drie laagste tonen van figuur 9.81.

- b Als de stroboscoop is ingesteld op 820 Hz en de frequentie waarmee het bekken trilt is 410 Hz, dan flits de stroboscoop twee keer gedurende één trilling van het bekken. Zou de eerste flits in de uiterste stand boven zijn, dan is de tweede flits in de uiterste stand onder. Hierdoor zie je 'twee randen'.

Als de frequentie iets hoger is, dan is de tweede flits net voordat het bekken de uiterste stand bereikt. Ook de volgende flits zal niet weer in de uiterste stand zijn. Hierdoor zie je de 'twee randen' verschuiven.

- c De snelheid waar mee de rand van het bekken door de evenwichtsstand gaat, bereken je met de formule voor de maximale snelheid bij een harmonische trilling.

De amplitude bereken je met de maximale afstand van de twee randen.

$$A = \frac{2,7}{2} = 1,35 \text{ mm} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$v = \frac{2\pi A}{T} = 2\pi f A$$

$$f = 410 \text{ Hz}$$

Invullen levert $v = 2\pi \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \times 410$.

$$v = 3,47 \text{ ms}^{-1}$$

Afgerond: $v = 3,5 \text{ ms}^{-1}$.

- a Leg uit of de patronen van knopen en buiken in figuur 9.82 overeenstemmen met de verhoudingen van de frequenties van de drie laagste tonen van figuur 9.81.

De toon van 410 Hz is veel sterker dan de andere tonen. De amplitude van de andere tonen is daarmee te verwaarlozen.