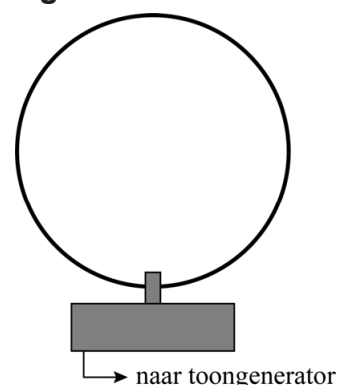


## Cirkelgolf

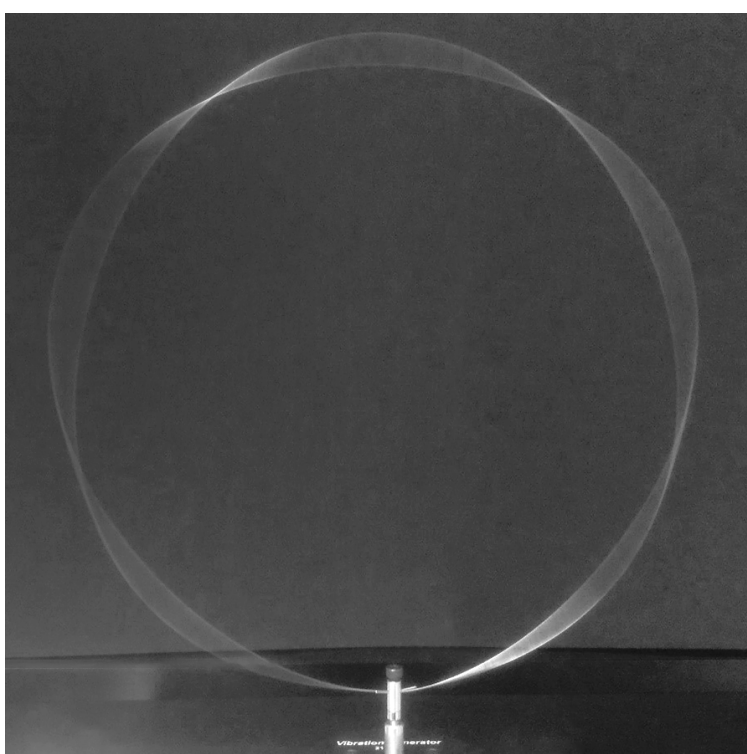
Roland en Arno bouwen de opstelling zoals schematisch weergegeven in figuur 1. In deze opstelling is een toongenerator verbonden met een trillingsapparaat. Aan het trillingsapparaat is een cirkelvormige metalen lus gekoppeld. Deze lus heeft een diameter van 24,5 cm.

Bij bepaalde ingestelde frequenties op de toongenerator ontstaat er een staande golf in de cirkelvormige lus. In figuur 2 is een voorbeeld van zo'n staande golf te zien.

figuur 1



figuur 2



De plek waar de lus aan het trillingsapparaat bevestigd is, mag beschouwd worden als een knoop.

Roland en Arno trekken op basis van figuur 2 de conclusie dat de golfsnelheid in de lus niet overal gelijk kan zijn.

- 2p **8** Leg uit hoe dit volgt uit figuur 2 met behulp van een formule uit een tabellenboek.

Op het moment dat de foto van figuur 2 gemaakt werd, stond de toongenerator ingesteld op 69 Hz.

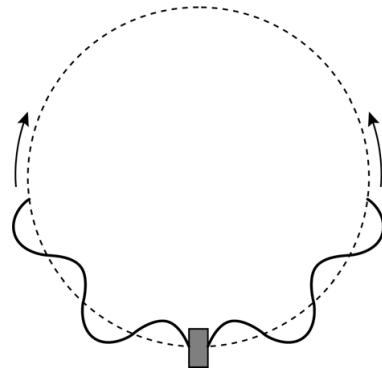
- 4p **9** Bepaal de gemiddelde golfsnelheid in de lus bij deze frequentie.

Roland en Arno variëren de frequentie van de toongenerator en kijken wanneer er een staande golf in de lus ontstaat. Hun waarnemingen staan in figuur 3.

**figuur 3**

aantal buiken	$f$ (Hz)
3	19
5	69
7	$1,6 \cdot 10^2$
9	$2,6 \cdot 10^2$
11	$3,8 \cdot 10^2$

**figuur 4**



Het valt Roland en Arno op dat er alleen staande golven met een oneven aantal buiken in de lus ontstaan. In het bovenste punt van de lus ontstaat dus altijd een buik.

In de lus beweegt een golf in de richting van de wijzers van de klok en een golf in de tegengestelde richting. Dit is schematisch weergegeven in figuur 4.

Deze twee lopende golven interfereren met elkaar. Op plaatsen met constructieve interferentie ontstaan buiken en op plaatsen met destructieve interferentie ontstaan knopen.

- 3p 10 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat er in het bovenste punt van de lus alleen een buik kan ontstaan.
  - Geef aan waarom er in die situatie alleen staande golven kunnen ontstaan met een oneven aantal buiken.

Roland en Arno gaan op zoek naar het verband tussen de frequentie van het trillingsapparaat en het aantal buiken dat in de lus ontstaat. Uit de meetresultaten in figuur 3 trekken ze de conclusie dat er onmogelijk sprake kan zijn van een recht evenredig verband.

- 3p 11 Toon met een berekening aan dat die conclusie juist is.

Via een trial-and-errormethode komen Roland en Arno tot het volgende verband tussen de frequentie en het aantal buiken in de lus:

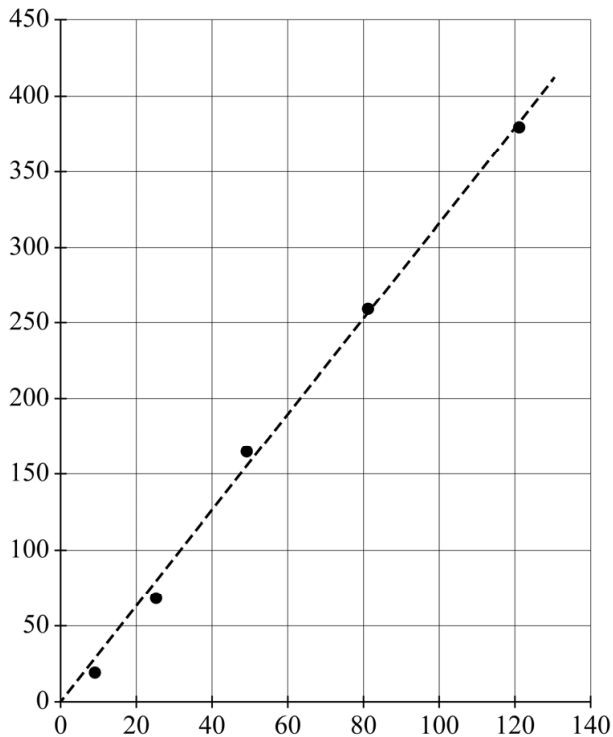
$$f = cn^2 \quad (1)$$

Hierin is:

- $f$  de frequentie in Hz
- $c$  een constante
- $n$  het aantal buiken in de lus

In de grafiek van figuur 5 staan de meetresultaten uit figuur 3 grafisch weergegeven na een coördinatentransformatie. Het bijschrift bij beide assen is nog niet gegeven.

**figuur 5**



- 5p **12** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef het bijschrift dat vermeld moet worden bij de horizontale as.
  - Geef het bijschrift dat vermeld moet worden bij de verticale as.
  - Bepaal met behulp van figuur 5 de constante  $c$  in formule (1). Geef je antwoord in drie significante cijfers en met de juiste eenheid.

Roland en Arno vragen zich af of de constante  $c$  wel in drie significante cijfers mag worden opgegeven. Roland denkt dat de waarde moet worden opgegeven in één significant cijfer omdat het aantal buiken ook in één significant cijfer is opgegeven. Arno denkt dat met de gebruikte methode de waarde in drie significante cijfers kan worden opgegeven, hoewel de frequenties in twee significante cijfers zijn bepaald.

- 3p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef aan waarom Roland geen gelijk heeft.
  - Leg uit dat de gedachte van Arno verdedigbaar is.