

## Beskrivelse

Denne enhed giver en visuel demonstration af stående bølger baseret på den oprindelige model af Heinrich Rubens fra 1905. Dette Rubens' rør er 100 cm langt og har små huller til gaspassage langs hele længden. Den ene ende af røret har en studs til en gaslange, den anden har en højttaler med en gummimembran.

Rubens' flammerør viser stående bølgefænomener i et flammemønster på en spektakulær måde.



Læs de forskellige sikkerhedsforanstaltninger omhyggeligt før brug. Systemet bruger det høje og lave tryk i en lydølge til at variere gstrykket og dermed flammehøjden i røret.



## Sikkerhedsforanstaltninger

- Sørg for et sikkert miljø for eksperimentet
- Brug kun i et åbent område, hvor der ikke findes brændbare materialer
- Arbejd kun i et godt ventileret område
- Brug altid PPE som sikkerhedshandsker, laboratorietøj og beskyttelsesbriller
- Anbring en gennemsigtig sikkerhedsskærm mellem enheden og eleverne
- Brug lavt gstryk
- Forsøget må ikke køres i mere end 15 minutter i træk for at undgå overophedning af røret

### EFTER BRUG

- Røret kan være ret varmt, så vær ekstra forsigtig, når du rydder op
- Blæs røret ud med luft for at fjerne gasresterne, før røret lægges væk

## Forbindelse med gasforsyning

Naturgas eller LPG propan-butan i flasker kan bruges.

Tilslut slangestudsens til gasforsyningen med en passende gaslange. Sørg for, at gaslangen er ubeskadiget og tæt, og at begge ender tilslutter gastæt.

Brug lavt gstryk for at opnå de bedste resultater. En justerbar gasforsyning gør justeringen meget lettere.

Hvis enheden har været brugt ofte, skal du først fjerne kulstofaflejringerne i alle rørhuller.

## Forbindelse med en funktionsgenerator (eller andet elektrisk signal, f.eks. musik)

I højttalerenden er der to 4 mm bøsninger, der bruges til at forbinde enheden til en passende lydkilde. En funktionsgenerator giver konstante frekvenser. Brug højttalerterminalerne og sinus- eller firkantet bølgeudgang. De bedste resultater opnås i intervallet 300-500 Hz (læs mere på næste side).

Musik giver også interessante resultater. Hovedtelefonstikket på mobiltelefoner eller MP3-afspillere leverer ofte for lidt effekt til, at røret fungerer korrekt. En ekstern forstærker på 2 Watt er i så fald påkrævet. Den bedste musik at bruge har stærke basrytmer.

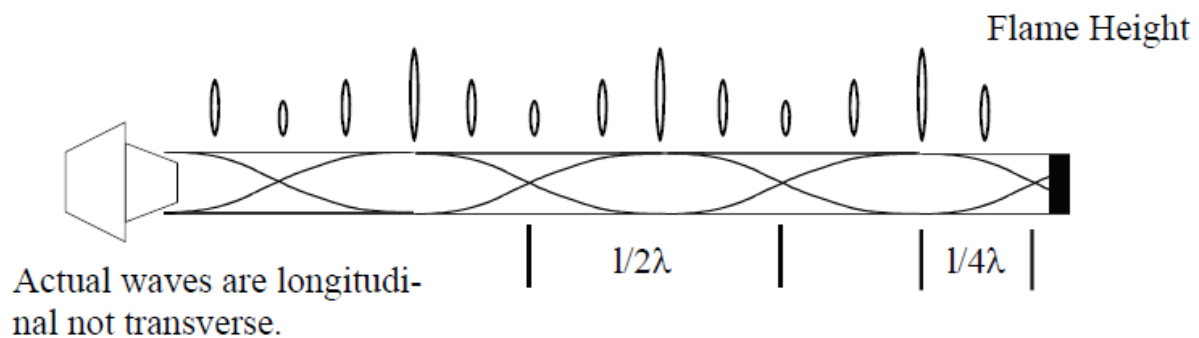
### Kom godt i gang

- Når alle sikkerhedsforanstaltninger er taget, og lydkilden er tilsluttet (indstil outputtet til nul amplitude i første omgang), skal du skrue lidt op for gassen og derefter holde en flamme over et gashul. Flammehøjden skal være ca. 3 cm. Tænd hurtigt alle flammer for at få en ensartet række af flammer.
- Forøg lydkildens amplitude, og find ud af, at flammehøjderne afhænger af den anvendte kilde.
- De bedste resultater opnås, når der er en subtil balance mellem gastryk og lydsignal. Blot at tilføje mere gas eller signal vil resultere i en overophedet rør og / eller en brudt signalkilde.

### Brug af en funktionsgenerator

En funktionsgenerator giver et variabelt signal, der konverteres til langsgående bølger af højttaleren. Langsgående bølger består af regioner med lavt og højt tryk, og disse giver trykforskelle på gas flammer, der regulerer deres højde. De bedste resultater opnås, når der er en stående bølge i røret.

For at dette kan ske, skal rørlængden og signalfrekvensen matches. Bølger reflekteres således fra hver ende af røret på en sådan måde, at der opstår interferens, og knuder og maver opstår i faste positioner. Bølgelængden kan bestemmes ved at måle afstanden mellem knuder og buger (se figuren nedenfor) og bestemme lydens hastighed i gas ved ligningen  $v = f \cdot \lambda$ .



Juster frekvensen af kilden for at få en god stående bølge med tre eller fire synlige knuder. Regneeksempel: Med  $\lambda = 60$  cm og  $v = 300$  m/s, bliver frekvensen 500 Hz. (Lydhastigheden for f.eks. naturgas er noget højere end i eksemplet.)

Det bedste resultat opnås med en frekvens på 300 - 500 Hz. Et flot bølgemønster er synligt, når frekvensen øges langsomt fra 300 Hz. Amplituden af signalet skal optimeres undervejs.