

Musik og bølger

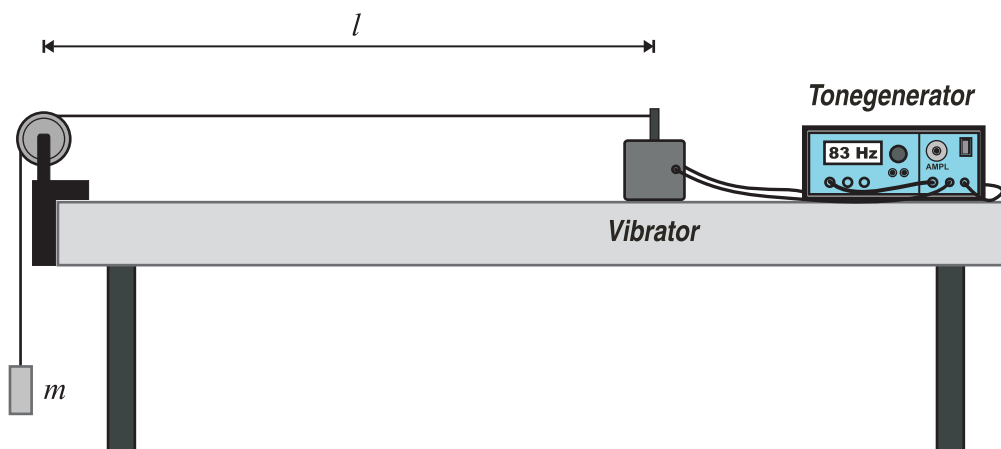
Formål

Hovedformålet med denne øvelse er at studere det fysiske begreb *stående bølger*, som er vigtigt for at forstå forskellige musikinstrumenters virkemåde. Vi vil studere stående bølger på såvel en snor som i et rør. Som en ekstra bonus vil vi i et af delforsøgene få bestemt *lydens hastighed* i atmosfærisk luft. Begrebet *stødtoner* vil også blive studeret.

1. Snorbølgeforsøg

Formålet med denne øvelse er at studere fænomenet *stående bølger* med et snorbølgeforsøg. Vi vil blandt andet se, hvordan frekvenserne af de stående bølger afhænger af, hvor hårdt snoren er spændt ud.

Opstillingen er som angivet på nedenstående figur. Snorens ene ende fastgøres til en *vibrator* og snoren trækkes henover en trisse, så snorens anden ende hænger frit ned. Heri anbringes et lod med massen m . Derved kan man kontrollere, hvor stor en kraft snoren er spændt ud med, nemlig med en kraft svarende til tyngdekraften af loddet: $F = m \cdot g$. Vibratoren tilsluttes en *tonegenerator*. Før du tænder for tonegeneratoren skal du sikre dig, at der er skruet helt ned for forstærkningen via den relevante drejeknap. Sidstnævnte styrer *amplituden* på bølgerne. Hvis forstærkningen er for stor kan vibratoren tage skade. Når du langsomt skruer op for forstærkningen vil du se, at der sendes bølger hen ad snoren. Frekvensen af bølgerne kan reguleres på en drejeknap og frekvensen vises i et display. Husk at måle længden l af snoren fra vibratoren og til røringpunktet midt på trissen. Noter denne længde ned. Du kan benytte denne længde under hele forsøget, men husk en gang imellem at kontrollere, at vibratoren ikke rykker sig!!!



- a) Vælg et 100 g lod og en muresnor. Mål snorlængden og noter den ned. Du kan eventuelt sætte et mærke på bordet for at sikre dig, at vibratoren ikke flytter sig. Mål herefter frekvenserne for grundtonen og de tre første overtoner og noter dem ned i første søjle i tabellen herunder:

Tone	f (Hz)	λ (m)	v (m/s)
Grundtone			
1. overtone			
2. overtone			
3. overtone			

Snorlængde ℓ

- b) I det følgende skal du med den samme snor som ovenfor måle frekvensen for 1. overtone for forskellige lod-belastninger. Skriv frekvenserne i første søjle.

Lod	f (Hz)	λ (m)	v (m/s)
50 g			
100 g			
150 g			
200 g			

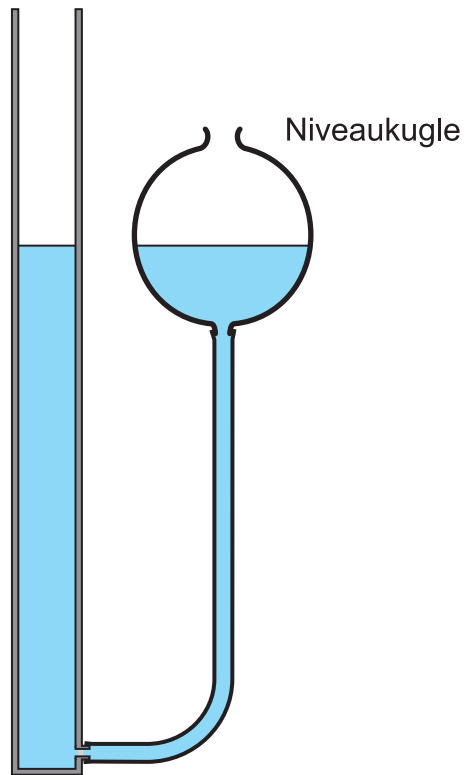
Snorlængde ℓ

2. Resonansrør

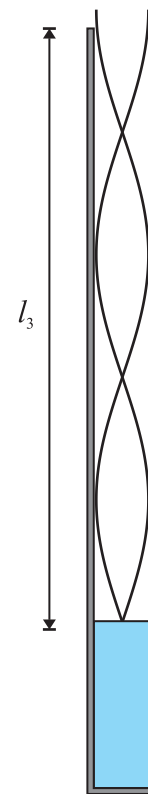
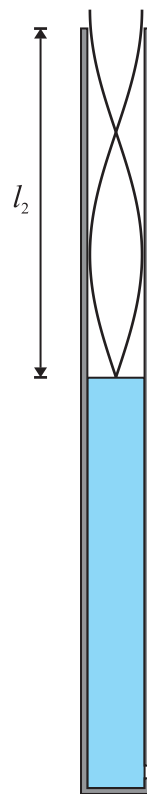
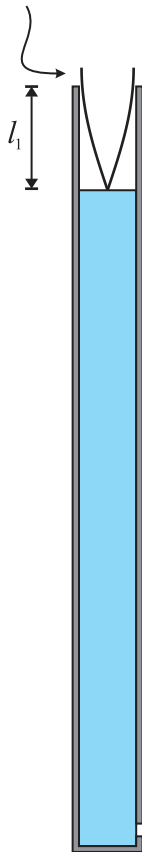
I dette forsøg skal vi studere stående bølger (resonans) i et rør og endda bruge forsøget til at bestemme en værdi for lydens hastighed i atmosfærisk luft.

På næste side ser du billedet af et rør med vand i. Vandstanden kan reguleres ved hjælp af en såkaldt *niveaुकugle*. Når en stemmegaffel anslås over røret vil lydbølger med stemmegafflens frekvens forplante sig ned i røret. Indkommende bølger vil *interferere* med reflekterede bølger. For ganske bestemte rørlængder vil der opstå *stående bølger*, også kaldet resonans. Fænomenet kan registreres ved at der forekommer en særlig høj lyd her. De stående bølger *skal* have *knude* i bunden af røret, da luften ikke kan bevæge sig her, og *bug* omkring rørets top. Her er luften i stor bevægelse. Det viser sig, at bugen forekommer et lille stykke k udenfor røret. Dette stykke betegnes *mundingskorrektionen*. Første resonans forekommer, når røret har en længde af ca. $1/4$ bølgelængde, de næste resonanser forekommer når røret er henholdsvis ca. $3/4$ og ca. $5/4$ bølgelængder langt. som det er illustreret med kurver på figuren på næste side. Tag en stemmegaffel med frekvensen 440 Hz uden resonanskasse (hvorfor mon?) og slå den an, mens du sænker/hæver vandstanden i røret ved hjælp af niveaुकuglen, indtil du finder de tre steder, hvor lyden tydeligt forstærkes.

Stemmegaffel



Mundingskorrektion: k

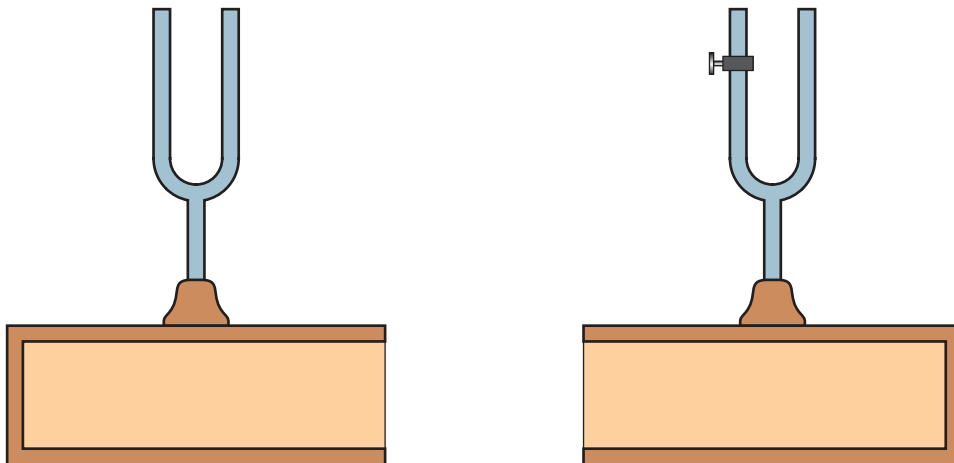


Noter længderne for de tre resonanser ned og skriv dem i tabellen herunder.

Tone	Rørlængde (m)
1. resonans	$l_1 =$
2. resonans	$l_2 =$
3. resonans	$l_3 =$

3. Stødtoneforsøg

I dette forsøg skal vi studere fænomenet *stødtoner*, som forekommer, når to lydbølger med samme amplitude og omtrent samme frekvens interfererer. Fremskaf to stemmegafler med samme frekvens, for eksempel 440 Hz, og anbring dem på deres tilhørende resonanskasser. Anbring de to resonanskasser tæt på hinanden, så åbningerne vender mod hinanden. Anslå begge stemmegafler med en gummihammer. Hvad hører du? Anbring nu en lille skrue på den ene stemmegaffel for at ændre dens frekvens en smule. Hvad hører du nu, når du anslår stemmegaflerne? Undersøg hvilken virkning det har, hvis du anbringer skruen forskellige steder på stemmegaflen. Kan du høre stødtonerne? Hvis der er en frekvensmåler til stede, kan du måle de to stemmegaflers frekvens f_1 og f_2 og udregne $f_{\text{stød}} = f_2 - f_1$. Prøv at lytte for at vurdere om denne værdi for stødtonefrekvensen lyder rimelig.



Opgaver i tilknytning til forsøgene

Forsøg 1 (Snorbølgeforsøg)

Udfyld resten af tabellen under forsøg 2a). For at beregne bølgelængder og bølgehastigheder, se eventuelt eksempel 1 i tillægget *Stående bølger og musikinstrumenter*. Kan du bekræfte, at bølgehastigheden er uafhængig af frekvensen, dvs. altid er den samme?

Udfyld resten af skemaet under forsøg 2b) på samme måde, som du gjorde til forsøg 2a). Hvad sker der med bølgehastigheden på snoren, når spændingen i snoren øges? Stemmer det med følgende formel for bølgehastigheden v på en snor, omtalt i tillægget:

$$(1) \quad v = \sqrt{\frac{F}{m_l}}$$

hvor F er den kraft, hvormed snoren er spændt ud, og m_l er snorens masse pr. meter? Hvad svarer F til i forsøget?

Forsøg 2 (Resonansrør)

I forsøget med resonansrøret kan man få bølgelængden af de stående bølger ved brug af følgende formel:

$$(2) \quad \lambda = 2 \cdot (l_2 - l_1)$$

Dette fremgår af følgende udledninger:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{4}\lambda = l_1 + k \\ \frac{3}{4}\lambda = l_2 + k \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{3}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda = (l_2 + k) - (l_1 + k) \Leftrightarrow \frac{1}{2}\lambda = l_2 - l_1 \Leftrightarrow \lambda = 2 \cdot (l_2 - l_1)$$

Forsøg at forstå disse udledninger ved at kigge på figuren på side 3.

Benyt værdierne for l_1 og l_2 til at bestemme en værdi for bølgelængden. Bestem herefter *lydens hastighed* i atmosfærisk luft ved at anvende formlen $v = f \cdot \lambda$. Passer værdien nogenlunde overens med det, som databøger siger? Hvis du vil, kan du også bruge den tredje resonans og få en ny værdi for lydens hastighed. Ved at bruge alle tre resonanser kan man reducere usikkerheden på bestemmelsen af lydens hastighed.

Forsøg 3 (Stødtoner)

Hvis du har talværdier for stemmegaflernes frekvenser f_1 og f_2 , så beregn den teoretiske stødtonefrekvens via formlen $f_{\text{stød}} = f_2 - f_1$. Forklar, hvordan stødtoner lyder og hvad stødtonefrekvensen fortæller.

Musikinstrumenter

Skriv fra en halv til en hel side om, hvordan forsøgene i denne øvelse samt din øvrige tilegnede viden om bølger har gjort dig klogere på forståelsen af musikinstrumenters virkemåde. Du kan lade dig inspirere af nogle af nedenstående punkter. Du skal ikke kommentere det hele! Vælg kraftigt ud, men sørg for, at der er lidt sammenhæng i det, så det hele ikke fremstår som spredte, løsrevne facts. Som materiale kan du kigge i til-lægget *Stående bølger og musikinstrumenter*, i noten *Bølgeteori* eller gå på Internettet.

- Lighedspunkter og forskelle mellem forsøg 1 og 2 og det, der foregår på en guitarstreng henholdsvis i en orgelpibe.
- Hvad er stående bølger? Hvorfor kaldes de stående?
- Hvordan udbreder lyd sig?
- Fænomenet overtoner
- Rene toner og sammensatte toner
- Hvilken fysisk forskel er der på høje og dybe toner?
- Hvilke frekvenser kan det menneskelige øre høre?
- Hvordan dannes lyden på en guitar?
- Hvordan dannes lyden fra et klaver?
- Hvordan dannes lyden i en orgelpibe?
- Hvordan kan man regulere tonen på en blokfløjte. Forklar og sammenlign med orgelpiber.
- Hvilken funktion har resonanskassen på en guitar?
- Hvordan kan man regulere den tone, som kommer fra en guitarstreng?
- Hvorfor har orgler i kirker så forskellig længde?
- Hvad siger amplituden for en lydbølge noget om?
- Hvordan kan stødtoner bruges til at stemme en guitar?