

Transversalbølger på en snor.

Formål:

At undersøge stående transversalbølger på en snor, herunder at finde sammenhængen mellem forskellige indgående fysiske størrelser.

Teori:




Man kan teoretisk udlede følgende sammenhæng mellem bølgehastigheden v på en snor, snorspændingen S (den kraft, hvormed man holder snoren udspændt) og snorens masse pr. længdeenhed μ :

$$v = \sqrt{\frac{S}{\mu}} \quad (\mu \text{ måles i kg/m})$$

Bølgens hastighed afhænger åbenbart ikke af frekvensen. Formlen gælder også for stående bølger, idet:

$$v = \lambda \cdot f.$$

For at bestemme hastigheden sætter vi snoren i stående svingning. Her må gælde for grundtonen med frekvensen f_0 , at snorlængden svarer til en halv bølgelængde, se figuren.

Tone	Svingningstilstand	Antal λ
Grundtone		1/2
1.overtone		1
2.overtone		3/2

Derefter ser vi på 1. overtone. Her er snorens længde lig én bølgelængde, bølgelængden er altså halveret. Bølgehastigheden, v , er jo frekvens gange bølgelængde, og hvis v er ens for alle frekvenser, skal frekvensen nu være fordoblet, da bølgelængden er halveret: $f_1 = 2 \cdot f_0$. Ser vi på 2. overtone, er snorlængden lig 3 halve bølgelængder, og frekvensen $f_2 = 3 \cdot f_0$.

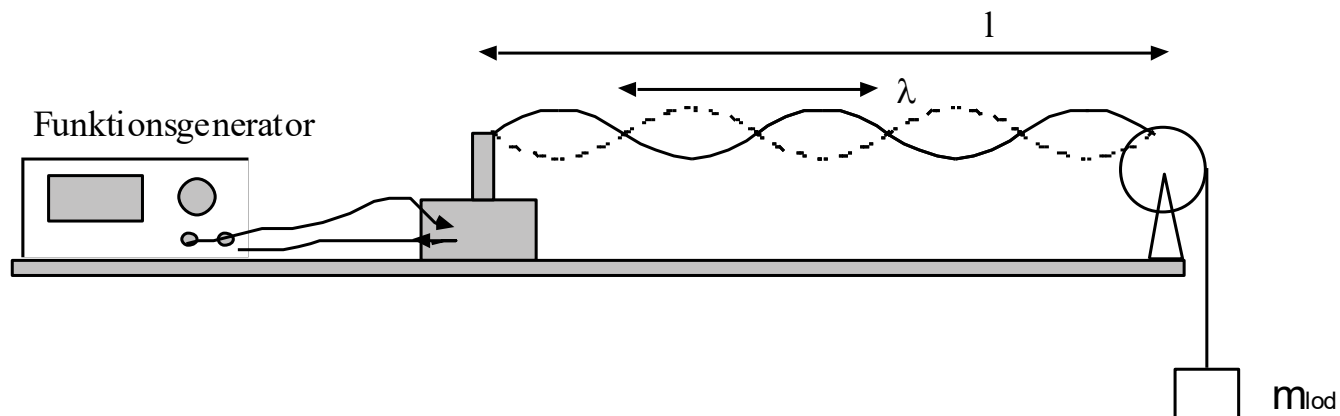
For den n 'te overtone gælder:

$$f_n = (n + 1) \cdot f_0$$

Apparatur:

IMPO funktionsgenerator, Ledninger, Vibrator, Snor, Trisser, 10 og 20 grams lodder, plus diverse.

Opstilling:



Funktionsgeneratoren:

WAVEFORM indstilles på sinusbølger.

Amplituden, (dvs. AMPLITUDE, Output, DC-power amplifier) må IKKE skrues for højt op, for ikke at overbelaste/ødelægge vibratoren!

Forsøgets udførelse:

Snoren forbindes fra tappen på vibratoren over trissen til lodderne.

Snorlængden l varieres simpelthen ved at flytte vibratoren i forhold til trissen. Start med $l = 0,8\text{m}$.

1. *Resonansfrekvensernes indbyrdes afhængighed.*
Hæng 40 g i snoren og skru op for frekvensen, så grundtonen ses. Noter frekvensen.
Skru op for frekvensen og noter undervejs frekvenserne for 1. overtone, 2. overtone, osv., for så mange overtoner I kan se.
2. *Frekvensens afhængighed af snorlængden.*
Brug igen 40 g i snoren. Mål udelukkende på 1. overtone.
Bestem resonansfrekvenserne for snorlængderne 1,0 m; 0,9 m; 0,8 m;0,4 m.
3. *Frekvensens afhængighed af snorspændingen.*
Indstil snorlængden på 0,8m. Mål udelukkende på 1. overtone.
Mål resonansfrekvenserne med 40, 60, 80, 100200 g hængt i snoren.
Hold i vibratoren så denne ikke flytter sig under forsøget, dvs. snorlængden skal være 0,8m. hele tiden.

Behandling af måleresultater:

Snorspændingen er tyngdekraften på lodderne.

1. *Resonansfrekvensernes indbyrdes afhængighed.*

Afsæt i et koordinatsystem de målte frekvenser f_n som funktion af $(n+1)$, hvor n er nummeret på overtonen, og $n=0$ er grundtonen.

Ifølge teoriafsnittet forventes $f_n = (n + 1) \cdot f_0$. Hvad forventes hældningen at være? Aflæs hældningen og beregn afvigelsen.

2. *Frekvensens afhængighed af snorlængden.*

Afsæt i et koordinatsystem de målte frekvenser f_1 som funktion af den reciproke snorlængde, dvs. som funktion af $\frac{1}{l}$.

Bestem linjens hældningskoefficient. Forklar, hvorfor den forventes at være lig $\sqrt{\frac{S}{\mu}}$.

(Vink: Da det er 1. overtone er snorlængden lig bølgelængden).

Beregn den relative afvigelse, af den aflæste hældning fra den teoretisk $\sqrt{\frac{S}{\mu}}$.

Vis desuden, at enhederne passer.

3. *Frekvensens afhængighed af snorspændingen.*

Afsæt i et koordinatsystem kvadraterne f_1^2 af de målte frekvenser som funktion af snorspændingen. Der bør fremkomme en ret linje gennem origo med en forventet hældning på $\frac{1}{(l^2 \cdot \mu)}$.

Bestem hældningen på din graf.

Bestem afvigelsen af hældningen fra den forventede værdi.

Vis desuden, at enhederne på hældningen $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ passer til enhederne på $\frac{1}{(l^2 \cdot \mu)}$.

Konklusion:

Anvendelse:

1. Du er ved at stemme en guitar. En af strengene giver en for høj tone. Skal strengen strammes eller løsnes? Begrund hvorfor?
2. Når man med en finger trykker en streng ned mod et bånd, er det en kortere del af strengen, der svinger. Bliver tonen højere eller dybere?
3. En fordobling af frekvensen svarer til at gå en oktav op, en halvering svarer til at gå en oktav ned. Hvor på strengen skal man trykke for at gå en oktav op?
4. Hvorfor er strengene på guitaren ikke lige tunge? Begrund? Hvilken er tungest?

Måleskema:

Snoren vejer: kg/m

1.

Snorlængde: m

Masse af lodder: kg

Snorspænding: N

n	f_n [Hz]
0	
1	
2	
3	
4	
5	

2.

Masse af lodder: kg

Snorspænding: N

l [m]	$1/l$ [m ⁻¹]	f_l [Hz]
1,0	1,00	
0,9	1,11	
0,8	1,25	
0,7	1,43	
0,6	1,67	
0,5	2,00	
0,4	2,50	

3.

Snorlængde: m

m_{lod} [kg]	S [N]	f_1 [Hz]	f_1^2 [Hz ²]
0,04	0,3928		
0,06	0,5892		
0,08	0,7856		
0,10	0,9820		
0,12	1,1784		
0,14	1,3748		
0,16	1,5712		
0,18	1,7676		
0,20	1,9640		