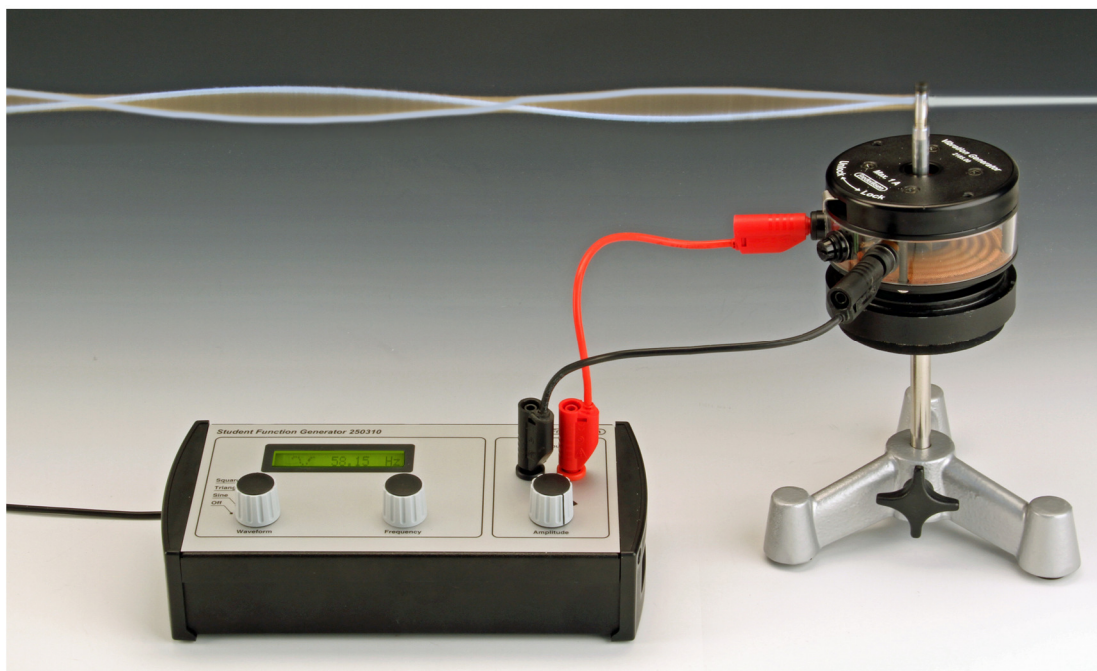


Eksperiment nummer	132860	Emne	Bølger	Foreslås til	10 / gymAB	p.	1/4
Version	2017-04-12 / HS	Type	Elevøvelse				



Formål

Vi undersøger stående bølger på en stram snor, specielt sammenhængen mellem frekvens og overtoner. Desuden undersøges, hvordan snorens svingningsfrekvens afhænger af snorens tykkelse og stramning. Bølgernes udbredelsehastighed bestemmes.

Princip

Med en funktionsgenerator tilsluttet en vibrator sendes et bølgetog af sted på en stram snor. Bølgetoget reflekteres ved snorens ophæng i begge ender. Ved bestemte frekvenser optræder kraftige stående bølger. Fænomenet kaldes resonans. Ved resonans er det let at bestemme bølgelængden.

Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på sidste side)

Funktionsgenerator (med frekvensudlæsning)

Vibrator

Snor, fiskeline eller lignende

Stativmateriel, bl.a. en trisse

Kraftmåler

Ledninger

Målebånd eller Lineal

Princippet i strengeinstrumenter

Strengeinstrumenter – lige fra guitaren, over banjo, violin og kontrabas til det største koncertflygel – følger de samme grundlæggende



principper for tonedannelse.

Tonehøjden bestemmes først og fremmest af strengens længde, dens masse pr. længdeenhed og hvor stramt, den er spændt ud.

Kilde til foto: Se side 4

Stående bølger og resonans

Den én gang reflekterede bølge vil sammen med den oprindelige danne et mønster af såkaldte stående bølger, som blot svinger op og ned.

Hvis den to gange reflekterede bølge svinger i takt med den oprindelige, vil de forstærke hinanden. Dette kaldes resonans og optræder kun ved bestemte frekvenser, hvor de stående bølges amplitude bliver meget stor. Se foto på side 1 og tegning herunder.

Et sted, hvor snoren svinger mest, kaldes en *bug*. Et punkt, hvor snoren næsten ikke bevæger sig, kaldes en *knude*.

Afstanden mellem to nabo-knuder er halvdelen af bølgelængden.

Hvis der kun er én bug, siger man, at snoren svinger med sin *grundtone* eller grundfrekvens. Resonanserne, hvor der er flere svingningsbuge, kaldes *overtoner*.

På figuren herunder er der 3 buge og 4 knuder (endepunkterne tælles med).

Opstilling

Mens I stiller op, skal vibratorens stempel være fastlåst (låsen i position *Lock*) – det samme gælder under oprydning. Når der skal måles, skiftes til *Unlock*.

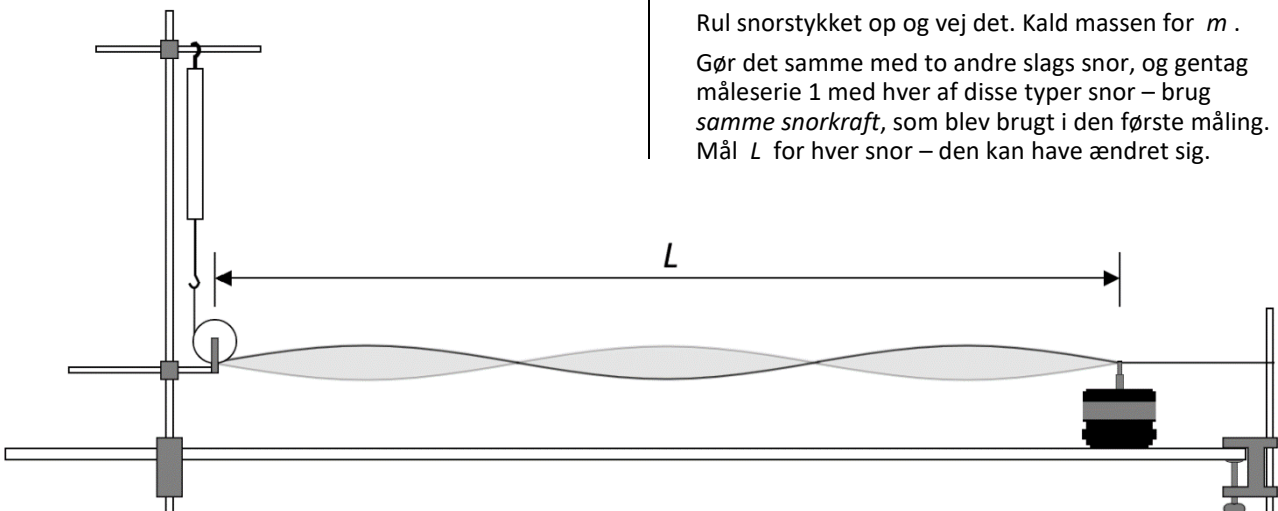
Den mest solide opstilling opnås ved at bruge et par bordklemmer til at fastholde de lodrette stativstænger. (Bordklemmerne kan med fordel placeres på hver side af et bordhjørne.)

Vibratoren skal kunne placeres tæt på snorens ene ende. Snoren køres bare en gang rundt om skruen i toppen af vibratorens snoreholder. Snoren må ikke rykke i vibratoren i nogen retning.

I enden modsat vibratoren føres snoren via en trisse til en kraftmåler.

Trissen kan betragtes som et stort set *fast punkt* i snorens svingninger. Det samme kan vibratoren – måske lidt overraskende, men det ses tydeligt ved resonans, at udslaget her er minimalt.

Den del af snoren, som svinger frit, ligger mellem trissen og vibratoren. Dens længde vil vi kalde L .



Snoren strammes og slækkes ved at flytte toppen af kraftmåleren op og ned.

Justér, til snorkraften er 5 N.

Forbind funktionsgeneratoren med vibratoren. Indstil kurveformen til sinussvingninger.

Målinger

Spørg jeres lærer om, hvilke af nedenstående afsnit, I skal udføre.

Målinger – 1

Begynd med en lav frekvens. Skru op for svingningernes amplitude.

Variér frekvensen f , til der er resonans på snorens grundtone (1 svingningsbug).

Skru lidt ned for amplituden, når I finjusterer frekvensen – og skru op igen, når I skal finde den næste resonans.

Gentag med 2, 3, 4 og 5 buge. Udslagene bliver efterhånden sværere at se. Det kan være en fordel at kigge på langs af snoren.

Resultaterne noteres i et skema som vist.

antal buge	f Hz

Målinger – 2

Mål længden L , inden I ændrer på noget.

Gentag ovenstående måleprocedure tre-fire gange med andre værdier for snorkraften F_s . I kan nøjes med nogle få overtoner. Husk at notere kraften hver gang.

Målinger – 3

Brug et 5 m langt stykke snor af fuldstændigt samme type som i opstillingen, bare uden knuder.

Mål længden præcist, kald den for b . (Om muligt holdes snoren ca. lige så stram som i opstillingen.)

Rul snorstykket op og vej det. Kald massen for m .

Gør det samme med to andre slags snor, og gentag måleserie 1 med hver af disse typer snor – brug *samme snorkraft*, som blev brugt i den første måling. Mål L for hver snor – den kan have ændret sig.

Beregninger mv.

Til Målinger – 1

Beregn for hver måling bølgelængden.

Prøv at formulere en regel for bølgelængde og frekvens. (Tip: Gang de to størrelser med hinanden).

Tegn en graf med f op ad y-aksen og antal buge ud ad x-aksen. Kan der tegnes en ret linje gennem målepunkterne?

Til Målinger – 2

(Målinger med samme slags snor, men forskellig snorkraft.)

Beregn for hver værdi af snorkraften en gennemsnitsværdi for den målte udbredelseshastighed v .

Lav en tabel med kolonnerne F_s , v og v^2 .

Afbild v^2 som funktion af F_s .

Til Målinger – 3

(Målinger med samme snorkraft, men forskellige typer snor.)

Beregn for hver type snor en gennemsnitsværdi for den målte udbredelseshastighed v .

Beregn for hver type snor massen pr. længdeenhed, som vi her vil kalde for μ :

$$\mu = \frac{m}{b}$$

Lav en tabel med kolonnerne μ , v , $1/\mu$ og v^2 .

Afbild v^2 som funktion af $1/\mu$.

Teori

Ved resonans vil snorens længde være et helt antal halve bølgelængder:

$$L = N \cdot \frac{\lambda}{2} \quad N = 1, 2, 3 \dots$$

N er det samme som antallet af buge. Grundtonen svarer til $N = 1$. Højere værdier af N svarer til overtoner.

Ligningen kan let løses med hensyn til bølgelængden:

$$\lambda = \frac{2 \cdot L}{N}$$

Når en bølge udbredes, bevæger den sig netop en bølgelængde λ fremad i løbet af en svingningstid T , så hastigheden v er givet ved det generelle udtryk:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

Resultatet af denne beregning vil vi kalde den *målte* værdi for hastigheden (da λ og f er målt).

Når en bølge udbredes på en snor, gælder det specielt, at hastigheden er bestemt af snorkraften F_s og snorens masse pr. længdeenhed μ .

Vi vil ikke udlede denne sammenhæng, men blot præsentere den her:

$$v = \sqrt{\frac{F_s}{\mu}}$$

Dette vil vi kalde den *teoretiske* værdi for hastigheden.

Udtrykket kan omskrives til

$$v^2 = \left(\frac{1}{\mu}\right) \cdot F_s$$

Diskussion og evaluering

Til Målinger – 1

Hvor præcist passer jeres regel med bølgelængde og frekvens?

Beskriv udseendet af grafen.

Til både Målinger – 2 og Målinger – 3

Sammenhold udseendet af grafen med teorien.

Hvilken værdi vil man forvente for grafens stigningstal? – Stemmer det med den faktiske værdi?

Vurder størrelsen af evt. afvigelser i forhold til hvor nøjagtigt, I har målt.

Noter til læreren

Overordnet om vejledningens opbygning

Alle gennemfører afsnittet *Målinger – 1*.

I grundskolen kan dette være en tilstrækkelig og passende udfordring.

Dygtige elever kan eventuelt nå det næste afsnit også, men de skal ikke nødvendigvis afkræves en sammenligning med teoretiske resultater.

I gymnasiet gennemføres alle tre måleafsnit.

Benyttede begreber

Bølgelængde
 Frekvens
 Resonans
 Overtoner

Matematiske forudsætninger (*Målinger – 1*)

Elementære regningsarter
 Graftegning

Matematiske forudsætninger (*Målinger – 2 og 3*)

Indsættelse i formler
 Lineære funktioner
 Ligningsløsning

Om apparaturet

Anvendes en for høj amplitude tæt på resonans, risikerer man, at snorkraften øges, eller at der kobles til resonanser i stativmaterialet. Det kan medføre, at amplituden bliver ustabil.

Normalt vil det være nok at skrue lidt ned, mens man er tæt på resonansfrekvensen – i grelle tilfælde må man bare droppe målingen af den pågældende overtone.

Målinger – 1 og *Målinger – 2* blev afprøvet med varenummer 116600, som er en flettet Dacron-line.

Til *Målinger – 3* blev de to andre typer snor inddraget.

I alle tilfælde var der overensstemmelse mellem målinger og teori indenfor mindre end 2 %.

Balalajkabilledet på side 1 er udgivet af Tomislav Medak under en Creative Commons licens.

Kilde:

<http://www.flickr.com/photos/tomislavmedak/3812477660/>

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

250310	Funktionsgenerator, elev
	... eller ...
250350	Funktionsgenerator (alternativer: 250250, 250150)
218500	Elektromagnetisk vibrator
208500	Trisse på stang
103840	Kraftmåler 5 N

Diverse forbrugsstoffer

116600	Line, flettet, 50 m	(ca. Ø 0,5 mm)
799109	Murersnor, 120 m	(ca. Ø 1 mm)
767022	Line, flettet, 20 m	(ca. Ø 3 mm)

Standard laboratorieudstyr

000820	Stativstang, 75 cm
000850	Stativstang, 25 cm (2 stk.)
001600	Bordklemme (2 stk.)
002310	Stativmuffe (2 stk.)
105720	Sikkerhedskabel, 50 cm, sort
105721	Sikkerhedskabel, 50 cm, rød
140010	Målebånd 200 cm
Til måling 3 anvendes tillige f.eks.	
102900	Vægt, 300 g / 0,01 g

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.

Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse

hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.