

1 Teori

Bølgefænomenet dukker op mange steder i hverdagen, især for dem som spiller musik, hopper i sjippetorv eller læser fysik. I laboratoriet genereres stående bølger på en snor og det er disse, som vi her vil beskrive. Men først må vi nærme os grundbegreberne.

Mekaniske bølger

Når en substans (refereret som *mediet*) forstyrres fra dets hvilestadie, vil hver enkel af mediets partikler undergå en forskydning omkring sit ligevægtspunkt, hvorfor der vil ske en energitransport i mediet. Dette er hvad i dagligtale kaldes en mekanisk bølge¹. Hvorvidt partiklerne forskydes langs bølgens udbredelsesretning eller på tværs, er hvad sepererer bølger i kategorierne *transversale* og *longitudinale* bølger. I forsøget vil vi ikke betragte longitudinale bølger langs snoren, så derfor vil der ikke skrives mere om disse.

Fra skolegården kender mange, at en enkelt puls hurtigt dør ud langs sjippetorvet. Hvad er mere interessant er, hvis man med en drivkraft tvinger torvet til at undergå en periodisk bevægelse.

Periodisk Bevægelse

I forsøget betragtes en simpel harmonisk oscillator (SHM). Disse er særdeles simple at analysere og kaldes også sinusoidale bølger. Dette er fundamentet for alle bølger, som alle kan brydes op som en sum af sinusoidale bølger, jævnfør superposition.

Bølgen er en symmetrisk sekvens af bølgedale og toppe. Symmetrien opstår ved en bølgelængde, λ (afstand fra vilkårligt punkt til selvsamme punkt i næste sekvens). Tiden det tager bølgen at gentage sig er perioden, $T = f^{-1}$, hvor f er en nogenlunde pendant, svarende til antallet af bølger pr. tid (kaldet frekvensen). Da sinusbølgen kan relateres til en cirkulær bevægelse, introduceres også en vinkelfrekvens, $\omega = 2\pi f$ samt et mål for partiklernes maksimale udsving, nemlig amplituden, A .

Bølgen propagerer med hastigheden, $v = \lambda f$, og da forsøget omhandler en snor, da vil bølgen være bundet til en én-dimensionel bevægelse.

Bølge på en streng

I forsøget vil strengen være udtrukken, og ser man bort fra tyngdekraftens virkning (en fin antagelse), vil hvilestadiet af strengen være en ret linie. Derfor indføres en x -akse langs snoren. Bølger på strengen er transversale, hvorfor partiklers forskydelse er langs y -aksen. Forskydelsen afhænger af position på strengen, men er ligeledes tidsafhængig, da bølgen propagerer med hastigheden $v \neq 0$. Bølgefunktionen er givet ved

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}. \quad (1)$$

hvor k indføres som bølgetallet. Hidtil er bølgerne beskrevet alle rejsende bølger, altså i en bevægelse langs mediet. Hvad vi i forsøget undersøger er stående bølger, som selvsagt ikke rejser som de før beskrevne bevægelige bølger.

Stående bølger

Når en bølge rammer en overflade, et endepunkt eller lign. vil noget af energien reflektere. Dette er fundamentet for ekko, og bruges specielt til afstandbedømmelse via. ultralyd af flagermus, hvaler og skibe. I forsøget vil en bølgegenerator drive ved en bestemt frekvens en SHM langs en udspændt snor. Når bølgen ankommer til endepunktet vil størstedelen af energien reflektere, og derfor vil en ny bølge løbe tilbage. Dette gentager sig mange gange.

Den resulterende bølge er altså en superposition af adskillige bølger på snoren, som alle interfererer enten konstruktivt eller destruktivt med hinanden. Er drivningsfrekvensen således, at alle bølger netop interfererer konstruktivt, vil en stående bølge fremmanes på snoren. Kendetegnet for stående bølger er, at visse punkter slet ikke bevæger sig (noder), og andre bevæger sig maksimalt (anoder).

Såfremt snoren er udspændt, må det gælde at endepunkterne er noder. For at stående bølger kan opretholdes på snoren, må det gælde, at snorens længde opfylder $L = n\frac{\lambda}{2}$ for $n = 1, 2, 3, \dots$. Dette er trivielt, da der ellers ikke kan være en stående bølge på snoren. Dermed bliver bølgelængden

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

¹Også andre bølger eksisterer, bølger som ikke behøver et medie at propagerer i. Her er lys et eksempel.

Bølger af andre bølgelængder kan godt eksistere på strengen, men stabile, stående bølger med noder og anoder vil altid opfylde ligning 2.

For den givne serie af bølgelængder følger en korresponderende serie af frekvenser, da disse er relateret (som beskrevet tidligere). Den første frekvens for $n = 1$ kaldes den *fundamentale frekvens*. Efterfølgende frekvenser kaldes harmonier, og er multiplikativer af den fundamentale frekvens.

Under databehandlingen af forsøget, vil blive gjort brug af, at frekvensen af en stående bølge, er givet ved

$$f_g = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (3)$$

Hvor F er snor spændingen, μ er masse pr. længdeenhed og L er længden på snoren.