

# Stående Snor-bølger

Ver. 2.1

April 2001

## 1 Formål

Formålet med øvelsen er at undersøge et lettilgængeligt eksempel på stående bølger. Dette gøres ved:

1. At kontrollere at der for en given snor med en given snorspænding ikke opstår bølger ved alle frekvenser, men kun for nogle bestemte frekvenser  $f_n, n = 1, 2, 3, 4, \dots$  ( $n$  er antal buge i den stående bølge).
2. At kontrollere at der om disse frekvenser og de dertil svarende bølgelængder  $\lambda_n, (n = 1, 2, 3, 4, \dots)$  gælder at  $f_n \lambda_n$  er konstant (konstanten er bølgehastigheden  $v$ ).
3. At kontrollere at bølgehastigheden  $v$  afhænger af snorspændingen (dvs. af den kraft hvormed snoren strammes ud) og af snorens masse per længde-enhed.

## 2 Teori

- a Når der er stående bølger med  $n$  buge på en snor, som er fastspændt i begge ender, så er bølgelængden  $\lambda_n$  givet ved:  $\lambda_n = 2 \times \frac{L}{n}$ , hvor  $L$  er den svingende snors længde.
- b Snorspændingen  $S = mg$ , hvor  $m$  er massen, i kg, af lodderne der benyttes til at stramme snoren ud, og  $g$  er tyngdeaccelerationen ( $9,82 \frac{m}{s^2}$ )
- c Teoretisk set skal der gælde:  $v = k \sqrt{\frac{S}{\mu}}$ , hvor  $\mu$  er snorens masse per længdeenhed, og  $k$  er en konstant.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>For en glat, homogen snor — f.eks. en fiskeline — forventes  $k = 1$

### 3 Apparaturl og opstilling

Funktions-generator, vibrator, 3 forskellige nylon-snore (længde 2–3 m), lodder, stativ, ledninger, evt. fint-følende vægt. Bemærk specielt om *funktionsgeneratoren*: WAVEFORM indstilles på sinusbølger, frekvensen (FREQUENCY) reguleres i dekader på knappen RANGE; i øvelsen her får I brug for dekaderne 10–100 Hz, indstilling 10, og 100–1000 Hz, indstilling 100. Inden for hver dekade er der mulighed for både grov- og finregulering: COARSE og FINE. Amplituden AMPLITUDE må højst skrues op på den første lodrette streg på grovreguleringen for ikke at overbelaste vibratoren!

Den højre del af apparatet er en indbygget forstærker. OUTPUT på selve generatoren forbindes til INPUT på forstærker-delen. OUTPUT på forstærkeren forbindes til vibratoren. Drejeknappen på forstærkeren må højst stilles på 1 for ikke at overbelaste vibratoren!

### 4 Forsøgets udførelse

1. Der hænges lodder, ca. 50 g, i enden af snoren, som er en nylon-snor med en tykkelse på omkring 0,25 mm. Funktionsgeneratoren stilles på ca. 10 Hz, hvorefter frekvensen langsomt øges indtil der opstår stående bølger (med mindst 2 buge). Antallet af *buge* og den tilsvarende *frekvens* (resonans-frekvensen) noteres. Dette gentages indtil der i alt er registreret 6 forskellige frekvenser.

Snorens længde måles (dvs. afstanden fra vibratoren til stativet) måles. (*Vigtigt*: Denne afstand må ikke ændres undervejs ved de 6 målinger!)

2. I denne del af forsøget benyttes samme snor som under punkt 1. Lodmassen ændres nu til ca. 100 g, hvorefter der registreres 3 resonans-frekvenser og det tilhørende antal buge.

Dette gentages, blot med lodmasser på henholdsvis ca. 150 og 200 g.

3. I denne del af forsøget benyttes to andre snore. Ved at benytte samme lodmasse (f.eks. 50 eller 100 g) som også blev anvendt ovenfor, kan  $v$ 's afhængighed af  $\mu$  undersøges. For hver af de to nye snore registreres 3 resonans-frekvenser og det tilhørende antal buge.

$\mu$  for de tre forskellige snore kan I selv måle eller finde på det plastic snoren er rullet op omkring.

### 5 Resultatbehandling

**Ad 1** For hver af de 6 resonansfrekvenser  $f_n$  beregnes de tilsvarende bølgelængder  $\lambda_n$  og produktet  $f_n \lambda_n (= v)$

Opstil alle tallene pænt i en tabel. Husk at bruge de rigtige enheder, f.eks. kg i stedet for g osv. Find den gennemsnitlige  $v$ -værdi og den største procentuelle afvigelse herfra. Kommentér resultaterne.

**Ad 2** Beregn samtlige bølgehastigheder som omtalt ovenfor, og opstil alle relevante tal pænt i en tabel. Find — for hver af de 4 masser — gennemsnittet af de beregnede bølgehastigheder ( $v_g$ ). Opstil en tabel over  $m, S, v_g$  og  $v_g^2$ . Da

$$v = k\sqrt{\frac{S}{\mu}} \Leftrightarrow v^2 = \frac{k^2}{\mu} \times S \quad (1)$$

ses at  $v^2$  som funktion af  $S$  skal give en ret linje med hældningskoefficienten  $\frac{k^2}{\mu}$ . Der er altså proportionalitet mellem de to størrelser.

Indtegn de målte værdier i et  $(S, v_g^2)$ -koordinatsystem og bestem ved hjælp af hældningskoefficienten for den linje der (forhåbentlig) fremkommer, værdien af  $k$ . Kommentér resultatet.

**Ad 3** Beregn samtlige bølgehastigheder som omtalt ovenfor, og opstil alle relevante tal pænt i en tabel.

Find — for hver af de tre snore — gennemsnittet af de beregnede bølgehastigheder ( $v_g$ ). Opstil en tabel over  $\mu, \frac{1}{\mu}, v_g$  og  $v_g^2$ . Da

$$v = k\sqrt{\frac{S}{\mu}} \Leftrightarrow v^2 = (k^2 S) \times \frac{1}{\mu} \quad (2)$$

ses at  $v^2$  som funktion af  $\frac{1}{\mu}$  skal give en ret linje med hældningskoefficienten  $(k^2 S)$ . Der er altså proportionalitet mellem de to størrelser.

Indtegn de målte værdier i et  $(\frac{1}{\mu}, v_g^2)$ -koordinatsystem og bestem ved hjælp af hældningskoefficienten for den linje der (forhåbentlig) fremkommer, værdien for  $S$  (benyt den ovenfor beregnede værdi af  $k$ ). Kommentér resultatet.

## 6 Rapporten

Rapporten skal — ud over det ovenfor omtalte — indeholde en omtale af de forhold der kan have påvirket resultaterne, f.eks. værdier det var vanskeligt at måle.

Hvis man bruger et regneark som Excel med omtanke, kan man spare en del tid ved denne rapport. Jeg aftaler gerne et tidspunkt efter skoletid hvor I kan få hjælp af mig i EDB-rummet.