

Institutt for fysikk, NTNU

TFY4106 Fysikk for MTBYGG, MTING, høsten 2013.

Regneøving 8.

(Veiledning: Onsdag 16. oktober kl. 16.15-18.00.)

Denne øvinga skal gi trening i behandling av stående bølger i musikkinstrumenter - og litt om interferens og lydbølger.

Oppgave 1. Gitarstreng

En gitarstreng skal lages av ei stållegering med massetetthet ρ . Strengen skal ha masse m , og et sirkulært tverrsnitt med diameter d . Flytegrensa for stållegeringen er T_f (i Pa), dvs. ved større strekkspenning enn T_f deformerer tråden og etterhvert ryker.

a) Finn uttrykk for lengden ℓ og diameteren d for den lengste og tynneste strengen du kan lage, hvis strengen skal kunne strekkes med ei kraft F uten å deformeres permanent.

Sett så inn tallverdier: $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$, $T_f = 7,0 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, $m = 5,0 \text{ g}$ og $F = 800 \text{ N}$, og bestem ℓ og d numerisk.¹

b) Hva er den høyeste grunnfrekvensen f_0 (i Hz) denne strengen kan ha?²

Og hva er den høyeste overharmoniske (frekvens nf_0 – angi n) som kan høres av en person med øvre høregrense 10 000 Hz?

Oppgave 2. Fiolinstrenger

Strengene på en fiolin er stemt i tonene G, D, A og E, i avstand på kvinter (5 tonetrinn). Matematisk betyr dette at frekvensene er i forhold 1:1,5 til hverandre (en oktav har forhold 1:2). G-strengen er laveste tone, E den høyeste og A-strengen er stemt til $f_A = 440 \text{ Hz}$.

a) Avstanden mellom de to faste punkt for hver streng skal være 30 cm og strekket i E-strengen skal være 90 N. Hva må da masse per lengdeenhet, μ_E , være for E-strengen?

b) For å hindre skjeve belastninger på instrumentet er det viktig at det er omtrent likt strekk i alle strengene. Finn μ for de andre tre strengene når disse også skal ha strekk 90 N.³

¹Svar: $d = 1,21 \text{ mm}$, $\ell = 0,56 \text{ m}$.

²Svar: $f_0^{\max} = 267 \text{ Hz}$.

³Et par fasitsvar: $\mu_E = 0,574 \text{ g/m}$, $\mu_G = 6,54 \text{ g/m}$.

Oppgave 3. Interferens mellom bølger.

a) To bølger med samme frekvens interfererer. Intensiteten til de to bølgene er henholdsvis I_1 og I_2 .

Vis at resulterende intensitet blir

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$$

der vinkelen δ er faseforskjellen mellom de to bølgene. [Hint: Benytt sammenhengen mellom intensitet og amplitude.]

b) En lydbølge med trykkamplitude p_1 har intensitetsnivå $\beta = 80$ dB. En annen lydbølge med trykkamplitude $p_2 = \frac{1}{2}p_1$ interfererer med den første bølgen.

Hva er maksimalt β_M og minimalt β_m intensitetsnivå på den resulterende lydbølgen?

Oppgitt:

$$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y, \quad \cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y.$$

Oppgave 4. Lydbølge i vann.

Lydhastigheten i et medium avhenger av massetettheten og i hvilken grad mediet lar seg komprimere. Lydhastigheten i vann ved 20°C er 1482 m/s. Hvor stort trykk i atm trengs for å komprimere volumet av vann med 1 %?