

Institutt for fysikk, NTNU

TFY4106 Fysikk for MTBYGG, MTING, høsten 2013.

Regneøving 7.

(Veiledning: Onsdag 9. oktober kl. 16.15-18.00.)

Denne øvinga skal gi trening i behandling av plane bølger i fritt rom – dvs. bølger som varierer som $\cos(\omega t - kx)$ [bølger som brer seg ut i positiv x -retning]. Bakgrunnsstoff finnes fra oversikten over pensum.

Oppgave 1. Svingende streng

En streng med diameter d og massetetthet ρ er strukket med strekk-kraft F . Strengen eksiteres (ristes/vibreres) i den ene enden med en frekvens f , og bølger med bølgehastighet v , bølgelengde λ og utslagsamplitude y_0 propagerer (vandrer/brer seg ut) langs strengen. Strengen kan antas “uendelig lang- dvs. at bølga blir aldri reflektert og kommer tilbake.

Finn først uttrykk for bølgehastigheten $v = v(F, \rho, d)$. Finn herav et uttrykk for krafta som strengen må strekkes med for å få en spesifisert bølgelengde λ ved gitt frekvens f , $F = F(\rho, d, f, \lambda)$.

For å opprettholde en utslagsamplitude y_0 , må strengen eksiteres med en effekt P . Finn et uttrykk for denne effekten, $P = P(\rho, d, f, \lambda, y_0)$.

Anta så at strengen er av stål, har diameter $d = 1.5 \text{ mm}$, og eksiteres med en frekvens $f = 50 \text{ Hz}$. Bølgelengden skal være $\lambda = 0.5 \text{ m}$, og utslagsamplituden skal være $y_0 = 1 \text{ mm}$. Hva må da strekk-krafta F [N] og tilført effekt P [W] være? (Tallsvar: 8.73 N og 17.2 mW)

OPPGITT:

Massetetthet til stål: $\rho_{\text{stål}} = 7.9 \text{ g/cm}^3$

Bølgehastighet på strengen: $v = \sqrt{T/\rho}$ hvor $T = F/A$ er strekkspenninga

Effekt: $P = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 y_0^2$ hvor $\mu = \rho A$ er masse per lengdeenhet og y_0 er amplituden.

Oppgave 2. Roterende tau: Svingende streng med ikke-konstant strekk

Et jevntykt tau med lengde L og masse m holdes fast i den ene enden, og svinges i en sirkel i horisontalplanet med vinkelfrekvens ω .

Tauet vil krumme litt på grunn av tyngdekrafta, men vi ser bort fra dette, og regner med at sentripetalkrafta greier å holde tauet rett. Men – sentripetalkrafta gir også ei strekk-kraft som varierer fra null i ytterenden til maksimum der tauet holdes fast – og dette gir en bølgehastighet som varierer langs tauet.

Anta, for enkelhets skyld, at tauet er holdt fast i sentrum av sirkelen – og finn et uttrykk for lang tid det tar for en buktning på tauet (en transversal bølgepakke) å propagere fra den ene enden av tauet til den andre.

Merk: Fordi bølgehastigheten $v = v(r)$, må tida finnes fra $\Delta r = v(r)\Delta t$ ved integrasjon over dr .

Oppgave 3: Lydhastighet i fast stoff

En kopperstav med lengde 80 m gis et slag i den ene enden. En observatør ved den andre enden hører *to* slag – ett signal har gått gjennom kopperstaven og ett gjennom lufta. Hva er tidsforskjellen Δt mellom de to signalene? (Tallsvar 0.21 s)

OPPGITT:

Massetettheten til kopper:	$\rho_{\text{Cu}} = 8.9 \text{ g/cm}^3$
Strekkmodulen for kopper:	$E_{\text{Cu}} = 1.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
Lydhastigheten i luft:	$v_{\text{luft}} = 344 \text{ m/s}$
Bølgehastigheten i fast stoff:	$v_{\text{B}} = \sqrt{E/\rho}$.

Oppgave 4: Dopplereffekt I. Togfløyte

Et tog går med en hastighet på 126 km/time, på en vindfri dag. Toget møter et somletog med hastighet 54 km/time, blåser i fløyta – og sender ut en ren tone med frekvens 300 Hz. Hva er frekvensen som høres av passasjerene på somletoget rett før og rett etter møtet? (Tallsvar 349 Hz og 260 Hz)

OPPGITT:

Dopplers formel: $f_o/(1 - v_o/v_b) = f_k/(1 - v_k/v_b)$
 hvor indeksene står for: *observatør, kilde, bølge*
 - og alle hastighetene er regnet positive i samme retning.

Oppgave 5: Lydintensitet og decibel

Ei lita nål med masse 0,10 g slippes fra en høide $h = 1,00 \text{ m}$. Når nåla treffer golvet kan vi anta at 0,05 % av energien blir konvertert til en lydimpuls med varighet 0,10 s.

a) En person har en høregrense på 10 dB. Hvor stor intensitet må lyden ha når den treffer øret for å høres?

b) Hvor langt unna kan denne personen høre nåla falle?

c) Avstanden i b) er sannsynligvis alt for stor fordi bakgrunnstøy overdøyer nåla. Hvis du øker dB-kravet til 40 dB, hvor langt unna kan da knappenåla høres?

OPPGITT:

Effekten brer seg utover som $I(r) = P_0/(4\pi r^2)$.
 dB-skalaen er definert i kompendiet og Tipler & Mosca.