

Øving 6

Oppgave 1

a) Bestem lyd hastigheten i argon ved temperatur 30°C . Argon er en gass med en-atomige molekyler med atommasse 40. Anta ideell gass og adiabatisk forhold (dvs ingen varmeutveksling). Massen til ett nukleon (proton eller nøytron) er $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg.

b) Den eksperimentelle verdien er 324.37 m/s, se f.eks. Smith og Harlow, Brit. J. Appl. Phys. 14 (1963), side 102-106, der målingene ble utført ved et trykk på 1 atm, dvs 10^5 Pa (1 Pa (pascal) $\equiv 1\text{N/m}^2$), og temperatur 30°C . Hvilken lyd hastighet ville Smith og Harlow ha målt ved et trykk på 2 atm og temperatur 30°C ?

Hvilken lyd hastighet ville Smith og Harlow ha målt dersom argongassen, med i utgangspunktet temperatur 30°C og trykk 1 atm, ble presset sammen adiabatisk (dvs uten varmeutveksling med omgivelsene) til et trykk på 2 atm? (Tips: Både p og ρ (og T) endres.)

Oppgitt:

Ideell gass: $pV = Nk_B T$ Ved adiabatisk forhold: $pV^\gamma = \text{konstant}$. Gass med en-atomige molekyler: $\gamma = 5/3$. Gass med to-atomige molekyler: $\gamma = 7/5$.

Adiabatkonstanten γ er forholdet mellom varmekapasiteten (evt spesifikk varme) målt ved konstant trykk og varmekapasiteten målt ved konstant volum, dvs $\gamma \equiv C_p/C_V$.

Oppgave 2

En harmonisk transversal bølge med amplitude 5 mm kommer inn fra venstre på en streng med massetetthet 10 g/m. Bølgen blir delvis reflektert og delvis transmittert der strengen er skjøtt sammen med en annen streng med massetetthet 90 g/m.

a) Hvor store blir amplitudene til reflektert og transmittert bølge?

b) Hva er midlere effekt transportert med den innkommende bølgen når strengen er strukket med en kraft på 4 N og vinkelfrekvensen er 10π s $^{-1}$? Hvor mye av denne energien blir reflektert og hvor mye blir transmittert?

c) Anta nå at strengen er spent opp langs x -aksen, med skjøten mellom den "lette" delen og den "tunge" delen av strengen i $x = 0$. Vis at utsvinget på den lette delen ($x < 0$), $y(x, t) =$

$y_i(x, t) + y_r(x, t)$, kan uttrykkes som en sum av to stående bølger. Her er $y_i(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$ innkommende bølge (med $A = 5$ mm) og $y_r(x, t) = B \sin(kx + \omega t)$ reflektert bølge.

d) En stående bølge, f.eks. $f(x, t) = \sin kx \cos \omega t$, transporterer ingen netto energi. Kan vi således, i lys av punkt c, konkludere med at bølgen $y(x, t)$ på den lette delen av strengen ikke transporterer noen netto energi? Skisser $y(x, t)$ mellom $x = -2\lambda$ og $x = 0$ for $t = 0$, $t = T/4$, $t = T/2$ og $t = 3T/4$ (der λ er bølgelengden og T er perioden). Er y en stående eller en vandrende bølge?

e) Med skjøten i $x = 0$ måtte vi velge *like* fasekonstanter, f.eks. $\phi_i = \phi_r = 0$ i ”delbølgene”

$$y_i(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \phi_i)$$

og

$$y_r(x, t) = B \sin(kx + \omega t + \phi_r)$$

Hvordan vil du velge ϕ_i og ϕ_r med skjøten i $x = a$?

Oppgitt: $\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$ $v = \sqrt{S/\mu}$ $\bar{P} = \frac{1}{2}v\mu\omega^2 y_0^2$

Oppgave 3

a) Harpestreng nr 16 har en lengde 370 mm og masse 0.2 g. Med strengen festet i begge ender er grunntonen en A med frekvens 440 Hz. Hva er da strammingen i strengen?

- A 41.4 N
- B 57.3 N
- C 63.9 N
- D 72.1 N

b) Hva er laveste resonansfrekvens i et (tynt) luftfylt rør som er 50 cm langt og åpent i begge ender? Lydhastigheten er 340 m/s.

- A 340 Hz
- B 410 Hz
- C 540 Hz
- D 680 Hz

c) Røret i oppgave b har også en resonansfrekvens lik 1360 Hz. Hvor mange knutepunkter har den tilhørende stående longitudinale utsvingsbølgen ξ (inne i røret)?

- A 2
- B 3
- C 4
- D 5

d) Bølgene på en vibrerende gitarstreng er opphavet til lydbølger i lufta omkring. Bølgene på gitarstrengen og lydbølgene har samme

- A bølgelengde
- B hastighet
- C amplitude
- D frekvens

Oppgave 4

En jevntykk streng med masse M og lengde L er festet i den ene enden og roterer i horisontalplanet med en omløpsperiode T . Se bort fra luftmotstand og påvirkning av tyngdekraften, slik at strengen hele tiden peker rett ut fra festepunktet.

En bølgepuls genereres innerst på strengen og propagerer utover strengen. Forklar hvorfor tiden τ som bølgepulsen bruker på å vandre hele strengens lengde L kun vil avhenge av omløpsperioden T . (Vandretiden er med andre ord uavhengig av strengens lengde.) Regn ut τ .

Tips: Finn først snordraget $S(r)$ i avstand r fra festepunktet. Videre vil du trolig få bruk for integralet

$$\int_0^a \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \frac{\pi}{2}$$

(som du forøvrig lett regner ut selv ved å substituere $x = a \sin \alpha$).

Noen svar:

1a: 323 m/s 1b: 324.37 m/s, 372.60 m/s

2a: begge er 2.5 mm 2b: 2.5 mJ/s; 25%; 75%

4: $T/2\sqrt{2}$