FY1002/TFY4160 Bølgefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2008.
Veiledning: Torsdag 2. oktober. Innleveringsfrist: Mandag 6. oktober kl 12:00.

Øving 6

Oppgave 1

a) Bestem lydhastigheten i argon ved temperatur 30°C. Argon er en gass med en-atomige molekyler med atommasse 40. Anta ideell gass og adiabatiske 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) $\equiv$ 1N/m^2), og temperatur 30°C. Hvilken lydhastighet ville Smith og Harlow ha målt ved et trykk på 2 atm og temperatur 30°C?
Hvilken lydhastighet 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: $pV = Nk_BT$ Ved adiabatiske forhold: pV^γ = 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: $\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$ $\qquad v = \sqrt{S/\mu}$ $\qquad \overline{P} = \frac{1}{2} v\mu\omega^2 y_0^2$

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: $T/2\sqrt{2}$