Institutt for fysikk, NTNU
TFY4160/FY1002: Bølgefysikk
Høst 2006

Øving 6

Veiledning: Torsdag 28. september
Innleveringsfrist: Mandag 2. oktober

Oppgave 1

Under en stille samtale på lesesalen, med en meters avstand mellom de to som deltar i samtalen, har lydbølgene en intensitet 10^{-9} W/m^2. Vi antar for enkelhets skyld at vi kan betrakte lydbølgene som plane harmoniske bølger, slik at forskyvningen (utsvinget) til luftmolekylene er gitt ved

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin(kx - \omega t)$$

La oss her kun se på bølger med en bestemt frekvens, f.eks. $\nu = 1.0$ kHz. Lufta har massetetthet $\rho = 1.3$ kg/m^3, og bølgehastigheten er $v = 330$ m/s.

a) Hva er lydbølgens bølgelengde? Hvor mange dB (desibel) tilsvarer den oppgitte intensiteten? Hvor stor effekt mottar ørets trommehinne fra en slik lydbølge? Anta at trommehinnens areal er en halv kvadratcentimeter.

b) Bestem lydbølgens utsvingsamplitude ξ_0 og amplituden $(\Delta p)_0$ til den tilhørende trykk(-variasjons-)bølgen $\Delta p(x,t) = (\Delta p)_0 \cos(kx - \omega t)$. Hva blir relativ trykkvariasjon $(\Delta p)_0/p$, der p er likevektstrykket (1 atm)?

c) Bestem også relativ temperaturvariasjon $(\Delta T)_0/T$ i en slik lydbølge. Her er T likevektstemperaturen, f.eks. 295 K, og $(\Delta T)_0$ er amplituden til "temperaturbølgen" $\Delta T(x,t) = (\Delta T)_0 \cos(kx - \omega t)$. Anta at lufta er en ideell gass med to-atomige molekyler og at vi har adiabatiske forhold.

Oppgitt (kan også benyttes i oppgave 3):
Ideell gass: $pV = Nk_BT$ Ved adiabatiske forhold: $pV^\gamma =$ 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

a) To lydbølger har intensiteter som adskiller seg med 5 dB. Hva er da forholdet mellom intensitetene til de to bølgene?

A 5.00
B 3.16
C 1.78
D 1.05

b) To lydbølger har intensiteter som adskiller seg med 5 dB. Hva er da forholdet mellom trykk(-variasjons-)amplitudene til de to bølgene?

A 5.00
B 3.16
C 1.78
D 1.05

c) En høyttaler genererer halvkuleformede lydbølger med en (midlere) effekt på 0.2 W uniformt fordelt over alle (halvkulens) retninger. Hva er intensitetsnivået i en avstand 4 m foran høyttaleren?

A 62 dB
B 73 dB
C 82 dB
D 93 dB

Oppgave 3

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) $\equiv 1\text{N/m}^2$). 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.)

Noen svar:
1a: 33 cm, 30 dB, 0.05 pW   1b: 0.34 nm, 0.9 mPa, $9 \cdot 10^{-9}$ 1c: $3 \cdot 10^{-9}$
3a: 323 m/s   3b: 324.37 m/s, 372.60 m/s