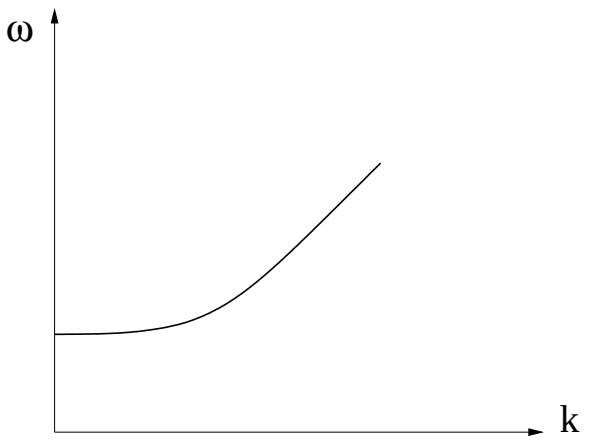
**FY1002/TFY4160 Bølgefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2010.**
Veiledning: Tirsdag 28. og onsdag 29. september. Innleveringsfrist: Mandag 4. oktober kl 12:00.

# Øving 5

## Oppgave 1

*a*) Figuren viser sammenhengen mellom vinkelfrekvensen $\omega$ og bølgetallet $k$ for en bestemt type bølger. Hvilket utsagn er da korrekt?

A Fasehastigheten er her den samme uansett bølgelengde.
B Fasehastigheten er her størst for korte bølgelengder.
C Fasehastigheten er her størst for lange bølgelengder.
D Fasehastigheten øker alltid med økende frekvens.




*b*) Transversale bølger på en streng med strekk-kraft $S$ forplanter seg med bølgehastighet $v$. En *liten* endring $\Delta S$ i strekk-kraften fører da til en endring i bølgehastigheten lik

A $\Delta v = -v\,\Delta S/2S$ B $\Delta v = v\,\Delta S/2S$
C $\Delta v = v\,\Delta S/S$ D $\Delta v = -v\,\Delta S/S$

*c*) Transversale bølger på en streng med massetetthet $\mu$ forplanter seg med bølgehastighet $v$. En *liten* endring $\Delta\mu$ i massetettheten fører da til en endring i bølgehastigheten lik

A $\Delta v = -v\,\Delta\mu/2\mu$ B $\Delta v = v\,\Delta\mu/2\mu$
C $\Delta v = v\,\Delta\mu/\mu$ D $\Delta v = -v\,\Delta\mu/\mu$

*d*) 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

*e*) 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

*f*) 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 2**

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? Gjør selv et overslag vedrørende trommehinnens areal.

*b*) Bestem lydbølgens utsvingsamplitude $\xi_0$ 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" $\Delta T(x,t) = (\Delta T)_0 \cos(kx - \omega t)$. Bestem til slutt amplituden til (antalls-)tetthetsvariasjonen, $(\Delta\rho)_0$, der $\rho = N/V$. Bruk f.eks. enheten M = mol/L. Anta at lufta er en ideell gass med to-atomige molekyler og at vi har adiabatiske forhold.

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

Noen svar:
2a: 33 cm, 30 dB 2b: 0.34 nm, 0.9 mPa, $9 \cdot 10^{-9}$ 2c: $3 \cdot 10^{-9}$

**Oppgave 3**

*a*) Vis at

$$\xi(r,t) = \frac{A}{r}\sin(kr - \omega t)$$

oppfyller bølgeligningen for kulesymmetriske bølger,

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2\left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial \xi}{\partial r}\right)$$

Her angir $r$ avstanden fra en bølgekilde som sender ut kulebølger med samme intensitet i alle retninger.

*b*) Vis at

$$\xi(r,t) = \frac{A}{\sqrt{r}}\sin(kr - \omega t)$$

tilnærmet oppfyller bølgeligningen for sylindersymmetriske bølger,

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2\left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \xi}{\partial r}\right),$$

under forutsetning av at $r \gg \lambda/4\pi$. (Dvs i tilstrekkelig stor avstand $r$ fra den sylindersymmetriske bølgekilden.)

**Oppgave 4**

La oss (som Newton!) *feilaktig* anta at lydbølger forplanter seg i luft ved *isoterme* forhold, dvs $pV =$ konstant. Hva blir da uttrykket for bulkmodulen $B = -V\,dp/dV$, og dermed lydhastigheten $v = \sqrt{B/\rho}$ ? Hva blir den prosentvise feilen i $v$ (dvs i forhold til den korrekte adiabatiske beskrivelsen)?