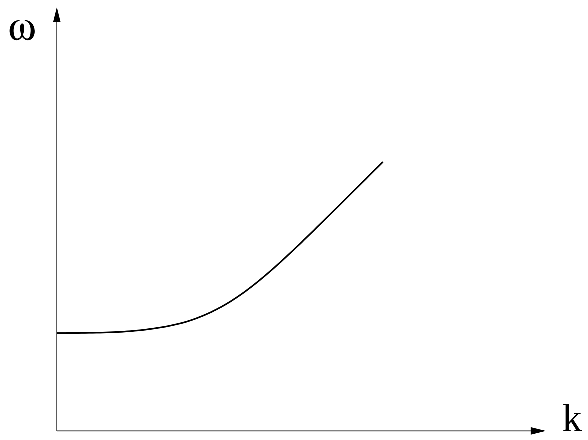
FY1002/TFY4160 Bølgefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2008.
Veiledning: Torsdag 25. september. Innleveringsfrist: Mandag 29. september kl 12:00.

Øving 5

Oppgave 1

a) Figuren viser sammenhengen mellom vinkelfrekvensen ω 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 ΔS 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 μ 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 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:
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 $\gamma \equiv C_p/C_V$.

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,

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

For hvilke r vil en slik løsning være en god tilnærmelse? (Her angir r avstanden fra en lang sylindersymmetrisk bølgekilde.)