FY1001/TFY4145 Mekanisk fysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2014.
Veiledning: 4. - 7. november. Innleveringsfrist: Mandag 10. november kl 14.

Øving 10

Oppgave 1. Dopplereffekt. Svevning. Interferens.

a) En ambulansesirene genererer en harmonisk lydbølge med frekvens 850 Hz. En sterk vind blåser i retning fra ambulansen og mot deg, med vindhastighet 25 m/s. Både du og ambulansen står stille. Hvilken frekvens hører du? (Lydhastigheten er 340 m/s.)

A) 783 Hz B) 850 Hz C) 917 Hz D) 985 Hz

b) En flaggermus flyr med hastighet 10 m/s rett mot en plan vegg og sender ut ultralydsignaler med frekvens 100 kHz. Hvilken frekvens hører flaggermusen på ekkoet (dvs den reflekterte lyden) fra veggen? (Veggen mottar og reflekterer med en og samme frekvens. Lydhastigheten er 340 m/s.)

A) 120 kHz B) 106 kHz C) 93 kHz D) 81 kHz

c) Du har en stemmegaffel som genererer en 440 Hz tone. Når du slår på stemmegaffelen og A-tangenten på pianoet ditt samtidig, hører du lydmaksima med 1 sekunds mellomrom. Du kan da konkludere med at pianoets A-streng genererer en lydbølge med frekvens

A) 438 Hz B) 441 Hz C) 438 eller 442 Hz D) 439 eller 441 Hz

d) To små kuleformede høyttalere er plassert 1 meter fra hverandre og sender ut kuleformede lydbølger i fase, med lik frekvens 3400 Hz. I avstand 20 m fra høyttalerne sitter Anne (A), Bjarne (B), Camilla (C) og Dag (D) på rekke og rad, som vist i figuren. Tallene angir de ulike personenes avstand fra senterlinjen. (Bjarne sitter på senterlinjen.) Lydhastigheten er 340 m/s. Hvem hører maksimal intensitet og hvem hører minimal intensitet?

A) Bjarne hører max, resten hører min.
B) Guttene hører max, jentene hører min.
C) Guttene hører min, jentene hører max.
D) Anne og Dag hører max, Bjarne og Camilla hører min.

Oppgave 2. Transmisjon og refleksjon av harmonisk bølge på streng

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 frekvensen er 5 Hz? 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 (med B fastlagt i punkt a).

d) Dersom vi velger fasekonstanten $\phi_i = 0$ i den innkommende bølgen

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

må vi, med skjøten i posisjon $x = 0$, også velge $\phi_r = 0$ i den reflekterte bølgen

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

Anta nå at skjøten befinner seg i posisjon $x = a$. Med det samme valget $\phi_i = 0$, hvordan må nå ϕ_r velges?

e) Hvis du har lyst: Bruk programmet animasjon.m og studer bølgebevegelsen for ulike verdier av de to delstrengenes massetettheter. (Du skal ikke levere inn noe på denne deloppgaven.)

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. Tyngdebølger på grunt og dypt vann

Når overflatebølgenes oppførsel bestemmes av tyngdekrefter alene, har vi såkalte *tyngdebølger*. (Vi må ha en viss overflatespenning for i det hele tatt å ha en veldefinert grenseflate, men kreftene som skyldes overflatespenningen kan neglisjeres i forhold til tyngdekreftene så lenge bølgelengden er større enn noen få cm.) Da er dispersjonsrelasjonen gitt ved

$$\omega^2 = gk \tanh kD$$

både for dypt og grunt vann. Her er D vannets dybde, g er tyngdens akselerasjon, og $k = 2\pi/\lambda$ er bølgetallet.

a) Vis at vi har lineær dispersjon, og dermed konstant (bølgelengdeuavhengig) fasehastighet $v_f = \omega/k$, og gruppehastighet $v_g = v_f$, dersom bølgelengden λ er så stor at den dimensjonsløse størrelsen kD er mye mindre enn 1.

b) Et jordskjelv på havets bunn kan skape en forstyrrelse (bølgepakke) på havets overflate med bølgelengder opp mot 200 km, men med amplitude som kanskje ikke er mer enn ca 1 m. (Se f.eks Tsunami på wikipedia.) Hva blir gruppehastigheten til en slik bølgepakke (med λ omkring 200 km) dersom havdybden på stedet er 4 km? (Gjennomsnittlig havdybde er ca 14000 fot, dvs litt mer enn 4 km.) Omtrent hvor lang tid tar det for en slik bølgelengde å passere et fiskefelt i nærheten? (Dvs: Hva blir perioden for fiskebåtens svingning opp og ned, med bølgepakkens beskjedne amplitude omkring 1 m?)

c) Vær og vind skaper havbølger med mye kortere bølgelengde, la oss si omkring 100 m. Hvor stor blir da (minst) størrelsen kD dersom havdybden ikke er mindre enn 200 m? Sjekk at den oppgitte tilnærmelsen $\tanh kD \simeq 1$ nå er *meget god*. Hvis slike bølger skapes av et uvær 200 km ute på havet, hvor lang tid vil det ta før bølgene slår mot land?

d) Hva skjer når bølgene i punkt *b*) nærmer seg land, dvs etter hvert som dybden D avtar?

Oppgitt: $\tanh x \simeq 1$ når $x \gg 1$, $\tanh x \simeq x$ når $x \ll 1$.

Sirkler for å illustrere interferens. Skriv ut på to lysark: