Oblig 6 Fys2140 Linuse

Linus Ekstrøm

March 2018

1 Forståelses- og diskusjonsspørsmål

1.1 Kapittel 6

1.1.1 3.)

Ved tordenvær ser vi oftest lynet før vi hører tordenen. Forklar dette. Noen mener at vi kan bestemme avstanden mellom oss og lynet ved å telle antall sekunder mellom vi ser lynet til vi hører tordenen. Finn sammenhengen.

Lys beveger seg raskere enn lyd.

$$\Delta t = \frac{S}{v_{\text{luft}}} - \frac{S}{c} \approx \frac{S}{v_{\text{luft}}} \tag{1}$$

$$S = \Delta t v_{\text{luft}} \tag{2}$$

Altså må vi bare telle antall sekunder fra vi ser lyset til vi hører lyden og gange med lydhastigheten i luft. Dette gir ca at $\Delta t = 3.0\text{s} \rightarrow S \approx 1\text{km}$

1.1.2 11.)

For overflatebølger på vann: Kan du ut fra målinger av høyden på vannoverflaten på ett punkt på overflaten som funksjon av tid, bestemme

(a) Hvor bølgen kommer fra

(b) Bølgelengden

(c) Om høyden stammer fra en superposisjon

Vi vil ikke kunne si noe om hvor bølgen kommer fra, siden vi kun måler i ett punkt. Bølgen kunne like godt ha kommet fra punktet speilet om målepunktet vårt og vi ville fått samme amplitude vs. tid. Det virker også som vi har vanskeligheter med å bestemme bølgelengden siden vi trenger farten til bølgen for å finne denne. Vi kan derimot finne periodetiden via målingen vi gjør. For det siste punktet vil jeg si at vi ikke kan skille forskjell mellom en superposisjon utifra høyden. Det jeg tenker meg er at vi kan enten prikke begge fingerene ned i vannet i en lik avstand, de vil da addere i målepunktet. Dette burde da være identisk til en enkelt finger som prikker hardere eller nærmere, og vi kan derfor ikke være sikker på hva som genererer bølgen.

1.2 Kapittel 7

1.2.1 1.)

Ved ultralydundersøkelser må det være minst like mye reflektert lyd fra grenseflaten mellom livmorvegg og fostervannet som mellom fostervannet og fosteret. Hvorfor vil ikke reflektert lyd fra den første grenseflaten ødelegge bildet av fosteret?

Svar: Dette er ikke veldig godt dekket i læreboka, det mest relevante jeg finner er: "Lyden vil etter refleksjon i grenseflater mellom ulike impedanser kunne oppfanges som et ekko, forutsatt at lydpulsen vi startet ut med allerede er avsluttet før ekkoet kommer tilbake."

Siden vi sofistikert regulerer retningen til lydpulsen vi sender inn, og at lydpulsene i tillegg er såpass lange slik at delen av lydpulsen som reiser lengst kommer tilbake før neste puls, så er det vel nettopp at pulsene reflekteres i forskjellig tid fra de forskjellige grenseflatene som gjør at vi kan få ut noe brukbart fra ultralyden.

1.2.2 9.)

Når lyd går fra luft til vann, hvilken av følgende størrelser holder seg konstant: Bølgelengde, bølgehastighet, frekvens, utslag (i posisjon) for molekylene som bringer lyden videre?

Svar: Vi har ligningen

$$v_{\text{medium}} = \nu\lambda_{\text{medium}} \tag{3}$$

Vi vet at frekvensen til lyden er knyttet til kilden. Den kan altså ikke forandre seg når lyden beveger seg mellom forskjellige medier. Hadde dette vært tilfellet kunne vi hatt en lydkilde med 200Hz og vi kunne hørt (i et annet medie) f.eks. 150Hz. Det hadde altså vært 50 bølger hvert sekund som har blitt 'borte', eller hvertfall 'holdt igjen' i grenseflaten. Hadde vi spilt lyden i et minutt hadde det altså vært 3000 bølger som var blitt holdt igjen. Hvis disse nå måtte vente på 'sin tur' til å komme inn i mediet med 150Hz ville vi hørt lyden i 20s etter vi hadde skrudd av lydkilden, dette fenomenet observeres ikke og vi kan være sikre på at frekvensen holder seg konstant i en overgang.

Fra relasjonen kan vi da se at λ er proporsjonal med v. Vi vet at lydhastigheten i luft og vann er forskjellig og følgelig må også bølgelengden være forskjellig i de to mediene.

Amplituden til lydbølgen vil også forandre seg siden i et tettere medie vil det kreve mer energi for å få samme utslag.

1.2.3 13.)

Går det an å si som så: Å legge til X dB på lyden svarer til å multiplisere intensiteten til den opprinnelige lydbølgen med en bestemt faktor?

Svar: Virker som det her spørres om dB-skalaen er en lineær skala, som den klart ikke er.

$$\beta(I) = 10\log_1 0_{\bar{t}} o\Delta I I_0) \tag{4}$$

2 Regneoppgaver

2.1 Kapittel 6

2.1.1 15.)

Er dette en plan bølge: $S = A\sin(\vec{k}\cdot\vec{r} - \omega t)$?

Svar: Ja, dette beskriver en bølge som beveger seg i en arbitrær retning $\vec{k}$, med $\vec{r}$ som posisjonsvektoren.

2.1.2 19.)

Når vi tar ultralydbilder av fostre, hjerte osv, er bildekvaliteten avhengig av at bølgelengden ikke er mer enn ca 1mm. Lydbølger i vann/vev har en hastighet på om lag 1500m/s. Hvilken frekvens må ultralyden ha? Er ordet ultralyd en ok betegnelse?

Svar: Vi har relasjonen fra tidligere

$$v_{\text{medium}} = \nu \lambda_{\text{medium}} \tag{5}$$

Altså må frekvensen være $\nu = 1.5$MHz. Når vi sier ultralyd snakket vi om lyd som mennesker ikke kan høre, som har en grense rundt 20kHz, frekvensen brukt er da over 1000 ganger større enn dette så det virker passende.

2.1.3 22.)

En 2m metallstreng med masse $m = 3 \cdot 10^{-3}$kg blir spent opp omtrent som en gitarstreng. Den ene siden festes over kanten på et bord, og den andre enden er festet til et lodd med vekt 3kg som henger fritt. Strekket i strengen skyldes tyngden til loddet.

a) Beregn hastigheten på en transversal bølge langs den horisontale delen av strengen.

Svar: Farten til en transversal bølge på en streng er gitt av

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \tag{6}$$

Snordraget er motparten til gravitasjonskraften, som jeg brukte $g = 10$ for, og μ er massetettheten i strengen. Vi får da en hastighet $v = \sqrt{2}10^2$m/s

b) Endrer bølgehastigheten seg dersom vi endrer lengden på den horisontale delen av strengen?

Svar: Nei, vi endrer ikke tettheten i strengen og derfor vil ikke bølgen bevege seg saktere.

c) Hvor lang måtte den horisontale delen av strengen være for at strengen skulle kunne svinge med en frekvens på 280Hz dersom du klimpret på dem?

Svar: Regner med at det her spørres om hvor lang strengen må være for å ha 280Hz som grunnfrekvensen.

$$f_{\text{grunn}} = \frac{v}{2L} \tag{7}$$

Løser for L og bruker tallene oppgitt i oppgaven. Vi får da en lengde 25cm

d) Hvor tungt måtte loddet være for at frekvensen i forrige punkt ble dobbelt så høy?

Svar: Fra de tidligere brukte ligningene ser vi at $f_{\text{grunn}} \propto \sqrt{m}$ som betyr at vi må firedobble massen for å ha en dobling i grunnfrekvensen.

2.2 Kapittel 7

2.2.1 18.)

Lengden på den fri delen av strengene på en gitar er 65cm. Klemmer vi ned G-strengen i femte bånd, får vi en C. Hvor må det femte båndet være plassert på gitarhalsen? G-en har en frekvens om lag 196.1Hz og C-en om lag 261.7Hz.

Svar: Først finner vi farten bølgen beveger seg med på strengen $v = 254.93\text{m/s}$. Vi kan så bruke denne til å finne lengden som kreves for å spille en C

$$L = \frac{v}{2f} \tag{8}$$

Og vi finner at $L = 48\text{cm}$

2.2.2 19.)

Bruk info og svar fra forrige oppgave. For hver halvtone vi går opp fra der vi er, må frekvensen øke med en faktor 1.0595. Beregn posisjonen til første båndet, og til sjette båndet. Er avstanden mellom båndene, i mm, identiske langs gitarhalsen? Vis at avstanden mellom båndene er gitt ved 0.0561 ganger lengden til strengen da den var klemt inn i forrige bånd.

Svar: Finner posisjonen til det første båndet

$$L_1 = \frac{254.93}{2 \cdot 2^{1/12} \cdot 196.1} = 0.613m \tag{9}$$

På lik måte finnes posisjonen til det sjette båndet $L_6 = 0.459\text{m}$. Gjorde så utregninger i Python for å finne posisjonen til alle de 12 båndene og så at avstanden mellom båndene avtar når man beveger seg nedover strengen. Vi kan nå finne ut hvor mye lengden forandrer seg fra bånd til bånd.

$$L_{\text{neste}} = \frac{v}{2f_{\text{neste}}} = \frac{v}{2^{13/12}f} = \frac{1}{2^{1/12}}L \tag{10}$$

Finner så differansen

$$L - L_{\text{neste}} = (1 - \frac{1}{2^{1/12}})L = 0.0562L \tag{11}$$

2.2.3 20.)

Sjekk frekvensene som er angitt i figur 7.16. Dersom vi brukte lydanalyse vha. fouriertransformasjon for å bestemme frekvensen, hvor lang tid måtte vi da ha samplet lyden for å få en slik presisjon? Er dette en realistisk måte å bestemme frekvensen nøyaktig på? Er det mer realistisk å angi frekvensen med fem gjeldende siffer for de høyeste frekvensene enn for de laveste?

Svar: I en frekvensanalyse kan vi kun skille mellom to forskjellige frekvenser dersom samplingstiden er større enn eller lik

$$T = \frac{1}{\left|f_1 - f_2\right|} \implies \left|N_1 - N_2\right| \tag{12}$$

her er N antall perioder innenfor tiden T. Dette forteller oss at dersom avstanden mellom to frekvenser har høy absoluttverdi, så vil tiden det kreves at signalet samples være lav. Det vil si at det er mer realistisk å angi frekvenser med fem gjeldende siffer for de høyeste frekvensene enn for de laveste.

$$T_{\text{fmin}} = \frac{1}{\left|27.5 - 29.135\right|} = 0.611s \tag{13}$$

$$T_{\text{fmax}} = \frac{1}{\left|3729.3 - 3951.1\right|} = 0.0045s \tag{14}$$

2.2.4 26.)

Anta at du kjører bil i 60km/t og hører at en politibil med sirener nærmer seg bakfra og kjører forbi. Du merker den vanlige endringen i lyd idet bilen passerer. Anta at politibilen kjører i 110km/t og at den øvre frekvensen i sirenen har en frekvens på 600Hz dersom vi hadde lyttet til sirenen i politibilen. Hvilke frekvenser opplever vi å høre før og etter at politibilen har kjørt forbi oss?

Svar: Antar at observatøren står i ro i forhold til luften og kan derfor bruke uttrykket

$$F_{\text{obs}} = \frac{1}{1 - v_k/v} f_{kilde} \tag{15}$$

hvor v er lydhastigheten i luft. Før politibilen har kjørt forbi oss hører vi at sirenen har en frekvens

$$F_{\text{obs}} = 658.6 Hz \tag{16}$$

Etter den har kjørt forbi oss har vi

$$F_{\text{obs}} = 550.9 Hz \tag{17}$$