

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS 2130 Svingninger og bølger.

Eksamensdag: 3. juni 2010.

Tid for eksamen: Kl 14:30 - 17:30.

Oppgavesettet er på 4 sider.

Vedlegg: Ingen.

Tillatte hjelpemidler: Øgrim/Angell og Lian: Størrelser og enheter i fysikken.

Rottman: Matematisk formelsamling.

En A4-side med egne notater.

Elektronisk kalkulator av godkjent type (uten lagret tekst)

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

MERK: For å få full uttelling på besvarelsen, må tankegangen din og forutsetninger du gjør komme klart fram. Dette gjelder alle spørsmål, også når det ikke er spesifisert. Vi gjør oppmerksom på at noen oppgaver kan inneholde villedende (unødvendige) opplysninger og/eller "lurespørsmål".

Oppgave 1 (5 poeng oppnåelig for hvert av 13 spørsmål, totalt 65 poeng)

a

Skriv ned en generell bølgeligning og forklar symbolene som inngår.

b

En bølge er beskrevet ved

$$g(x, t) = A \cos(kx - \omega t) - A \cos(kx + \omega t)$$

Vis at g er en løsning av bølgeligningen.

c

Bølger av type g er gitt et spesielt navn. Hvilket? Modifiser uttrykket for g slik at man lettere får fram de spesielle egenskapene g har.

d

Lengden på luftveien i en trompet er 1.37 m. Hvilken frekvens vil trompeten kunne gi dersom ingen ventiler trykkes ned?

e

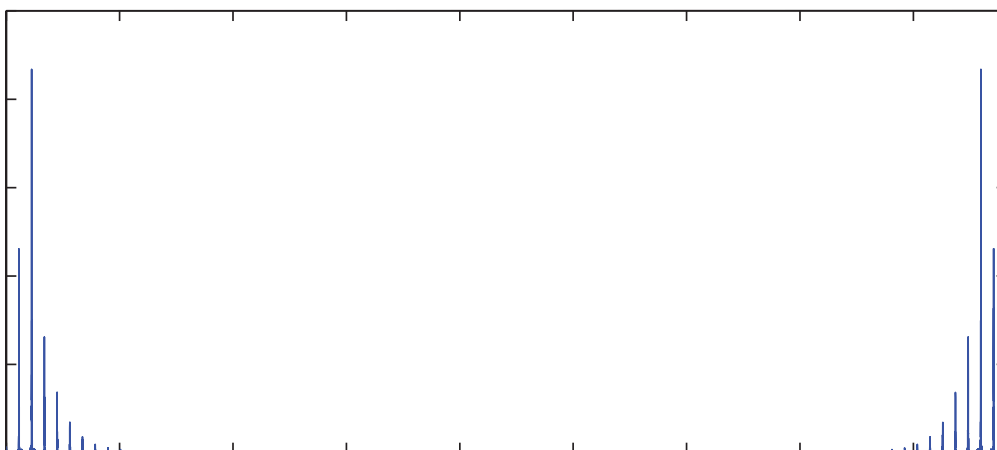
Dersom man trykker ned første ventil, forlenges lengden på luftveien med om lag 18 cm. Hvilken frekvens vil trompeten kunne gi nå?

f

Hvor mange halvtoner i en temperert skala endres lyden når man trykker ned første ventil på en trompet (og ellers spiller som før)? (Merk: Du må *regne* deg fram til svaret, og ikke bare bruke erfaring fra egen spilling.)

g

Resultatet av en FFT frekvensanalyse av en trompetlyd ble i et tilfelle som vist i figur 1. Markering langs aksene mangler. Hvilken minimums- og maksimumsverdi skal det være langs x-aksen, og hvilken måleenhet. Alle 32768 punktene i frekvensspekteret er plottet. Samplingsfrekvensen var 44.1 kHz og lydopptaket besto av 32768 samplede verdier.



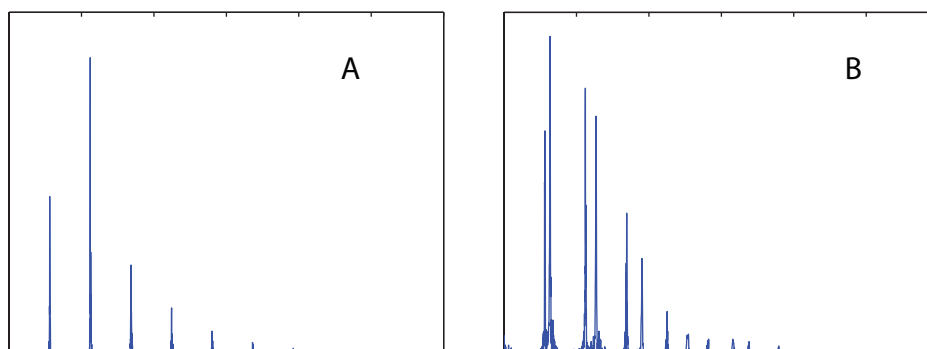
Figur 1: Fullt frekvensspekter slik det kom ut av Fast Fourier Transform.

h

Beskriv frekvensspekteret med ord og kommentér mønsteret som framkommer.

i

Ved et annet opptak av trompetlyd fra samme trompet, ble frekvensspekteret annerledes enn i det første tilfellet. Figur 2A angir et utsnitt av det opprinnelige spekteret gitt i figur 1, mens figur 2B angir tilsvarende utsnitt fra frekvensspekteret til det andre dataopptaket. Har du et godt forslag til forklaring av forskjellen mellom figur 2A og 2B?



Figur 2: Identiske utsnitt av frekvensspekter til en trompet. Resultat fra ett dataopptak av lyden er gitt i A, og resultatet fra et annet dataopptak er vist i B.

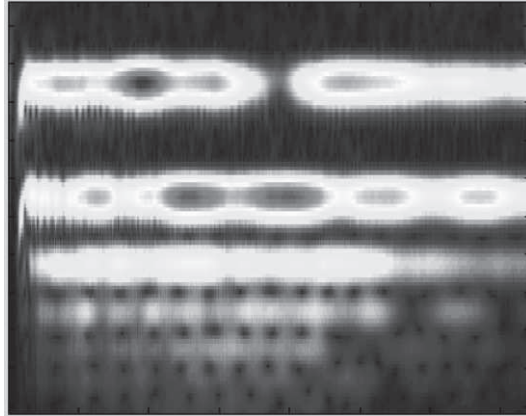
j

Figur 3 viser en gråtonevariant av et wavelet transform bilde av trompetlyden gitt i figur

1 (og 2A). Angi sammenheng og ulikheter mellom informasjonen i figur 1 (eller 2A) og 3. Hvilke fortrinn har FFT framfor Wavelet Transform (og omvendt)?

k

Wavelet transformen i figur 3 er ikke optimalt gjennomført for det signalet vi faktisk har. Forklar hva som kunne vært gjort bedre.



Figur 3: Wavelet transform av signalet fra første sampling av en trompetlyd. Det er samme signal som ligger bak figur 2A og figur 3.

l

En trompetlyd kan være ganske gjennomtrengende og sterk. Ved et lydopptak ble intensiteten målt til 110 dB. Hva menes med lydintensitet, og hvordan er dB-skalaen å forstå i vår sammenheng?

m

Et tog passerer en observatør og tuter i en fløyte. Observatøren måler frekvensen til lyden etter at lokomotivet har passert, og den er 752 Hz. Observatøren er i ro. Kan du bestemme togets fart? Som vanlig: Kommentér svaret.

Oppgave 2

(5 poeng oppnåelig for hvert av 12 spørsmål, totalt 60 poeng)

I Astronomiåret 2009 feiret vi Galileis teleskop. Nobelprisen i fysikk i 2009 gikk til oppfinnerne av optiske fibre og CCD-brikken. I mai 2010 feiret vi laserens 50-årsjubileum. Disse begivenhetene ga inspirasjon til noen av deloppgavene i oppgave 2.

a

Tegn en skisse over et teleskop. Forklar hvilken avstand det er mellom de ulike komponentene, og bruk et strekdiagram (lysstrålediagram) for å angi lysgangen. Hvilke funksjoner har de ulike komponentene som inngår i teleskopet?

b

Hvor stor er forstørrelsen til teleskopet? Hva mener vi egentlig med forstørrelse i vår sammenheng?

c

Én av karakteristikkene til et teleskop, er dets "lysstyrke". Hva mener vi med lysstyrke? Forklar kort hvorfor / hvordan komponentene i et teleskop faktisk påvirker lysstyrken.

d

Et enkelt linseteleskop der både objektiv og okular er enkeltlinser (laget av en type glass), viser skjemmende fargestriper når man ser på skarpe overganger mellom lyse til mørke området i bildet (f.eks. når man ser på kraterne på Månen ved halvmåne). Beskriv fargefenomenet og gi en kort forklaring av dette.

Om noen år blir det kanskje en bemannet base på Månen. Astronautene som arbeider der ønsker antakelig å bruke "remote desktop" el.l. mot sin datamaskin på Jorden, for å lese aviser, lytte til radio, prate med folk osv. Kommunikasjonen vil kunne skje ved at pulset laserlys overfører informasjon fra en av flere Jordstasjoner til en Månestasjon.

e

Hvordan ville du valgt å bygge opp en slik kommunikasjon for å ikke miste for mye energi på den lange avstanden? Hvilken parameter / hvilke parametre ville du spesielt være opptatt av?

f

Gjør en beregning som viser omtrentlig hvor stor del av utsendt effekt fra Jordstasjonen som kommer fram til mottakeren på Månestasjonen (for en realistisk gjennomførbar kommunikasjonsløsning). Jord-Måne-avstanden er ca 10 x Jordens omkrets ved ekvator. (Kjenner du ikke denne lengden, får du gjøre en gjetning og gjennomføre beregningene basert på gjetningen.)

g

Hvilke egenskaper gjør laserlys spesielt velegnet for denne type kommunikasjon?

h

Nevn de sentrale elementene som inngår i de fleste laserne, og som er nødvendige for at laseren skal fungere.

i

Mellom månestasjonen og astronautenes kontorer foregår kommunikasjon via optiske fibre. Hvilke egenskaper ved optiske fibre gjør dem så velegnet for kommunikasjon (sammen med lasere)?

j

Lyset i fiberen er elektromagnetiske bølger. Er den generelle "plane-bølger"-løsningen vi utledet i kurset en god beskrivelse av lyset i fiberen? Som vanlig: Begrunn svaret.

k

Anta at laserlyset i fiberen har en effekt på 10 mW og at den indre kjernen i fiberen har en diameter på 10 μm . Hvor stor er intensiteten og hvor stor er elektrisk feltstyrke i fiberen? Nevn hvilke forenklinger du gjør ved beregningene. $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

l

En pulset laser kan ha en svært stor effekt i selve pulsene. De kraftigste laserne man har laget til nå har en effekt i pulsene på $1.3 \cdot 10^{15} \text{ W}$. Anta at man kan fokusere en slik laserstråle ned til et tverrsnitt på $10 \mu\text{m}^2$. Hvor stort er det elektriske feltet i det området strålen er best fokusert (omtrentlig verdi tilstrekkelig)? Hva tror du vil skje om man lar atomer passere gjennom den fokuserte laserstrålen? [Her kan det nevnes at elektrisk felt på elektronets plass i et hydrogen-atom er om lag $1 - 15 \cdot 10^{11} \text{ V/m}$, og, for eksempel, for det ytre elektronet i et natrium-atom, om lag $2.8 - 5.2 \cdot 10^{10} \text{ V/m}$.]