NTNU **Institutt for fysikk**

Faglig kontakt under eksamen:
Dr. Anh Kiet Nguyen
Telefon: 73551093 / 91537839

Eksamen i TFY4170 Fysikk 2
Onsdag 6. desember 2006
15:00–18:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ C
Godkjent lommekalkulator.
K. Rottman: *Matematisk formelsamling*
Barnett and Cronin: *Mathematical formulae*

Merk: Hver deloppgave teller like mye.

Dette oppgavesettet er på 2 sider.

Oppgave 1. Woodstock

Tre identiske høytalere ligger langs y-aksen med innbyrdes avstand $d = 1m$, se figur 1.

Figur 1: Skjematisk figur av høytaler/detektor-konfigurasjonen.

Hver høytaler sender ut lydbølger med frekvens $f = 440Hz$ og effekt $P = 200W$. Lydhastigheten i luft er $c = 340m/s$. Lydbølgen fra høytaler nummer 2 kan beskrives som

$$y_2(r,t) = \frac{A}{r} e^{i(kr-2\pi ft+\phi)} \tag{1}$$

der A, k og ϕ er henholdsvis amplituden, bølgevektoren og fasen. Høytalerne 1 og 3 svinger i fase, mens høytaler 2 er defekt og svinger i motfase med 1 og 3. Det vil si at høytaler 2 har et minimum når 1 og 3 har et maksimum.

a) Finn intensiteten som funksjon av vinkelen $I(\theta)$ for en detektor som ligger på en sirkel med radius $r = 200m$ rundt høytalerne.

b) Angi også lydstyrken, i desibel, ved detektoren for $\theta = 0$ og $\theta = 0.397$ radianer ($\theta = 0°$ og $\theta = 22.75°$ grader) i forhold til den nedre hørselsgrense som er $I_0 = 10^{-12} Wm^{-2}$.

Oppgave 2. Kvantegitarstreng

A-strengen på Jimi Hendrix's gitar er fastspent ved $x = 0$ og $x = L = 1m$. Gitar strengen veier $10g$. Svingningene til gitarstrengen $y(x,t)$ oppfyller følgende bølgeligning

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \tag{2}$$

der bølgehastigheten $c = 440m/s$.

a) Vis ved å løse ligning 2 og grensebetingelsene at $y(x,t)$ til de fire første ståendebølgemodene er da gitt ved

$$y_n(x,t) = A_n \sin(k_n x)\cos(\omega t), \tag{3}$$

der A_n er amplituden, ω er vinkelfrekvens og $k_n L = n\pi$ hvor $n = 1, 2, 3, 4$. Tips: løsningen for ligning 2 kan bli konstruert som en sum av en høyre gående og en venstre gående bølge.

b) Gitt at gitarstrengen i **a** har den spesielle egenskapen at de ståendebølgemodene må være normert som følgende

$$\int_0^L \frac{dx}{L}\left(\frac{y(x,t=0)}{L}\right)^2 = 1. \tag{4}$$

Finn energien som er lagret i de fire første ståendebølgemodene. Tips: Finn først den maksimale kinetiske energien for en liten segment av gitarstrengen. Følgende integral

$$\int dx\ \sin^2(x) = \frac{1}{2}x - \frac{1}{2}\sin(x)\cos(x) \tag{5}$$

kan være nyttige.

Oppgave 3. Fermioner på boks

Gitt en fermion med masse m fanget i en en-dimensjonal boks definert ved $V(x) = 0$ for $0 < x < L$ og uendelig ellers.

a) Skrive ned den tidsavhengige Schrødinger ligningen for problemet og vis ved å løse Schrødinger ligningen med separasjon av variabler at de fire første egentilstander er gitt ved:

$$\Psi_n(x,t) = A_n \sin(k_n x) e^{-iE_n t/\hbar} \tag{6}$$

$$E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m} \tag{7}$$

$$k_n = \frac{n\pi}{L} \tag{8}$$

hvor A_n er amplituden og $n = 1, 2, 3, 4$

b) Finn Fermienergien samt den totale energien til systemet uttrykt ved m og L gitt at systemet er i sin grunntilstand og inneholder tre ikke-vekselvirkende, spinn-$\frac{1}{2}$ fermioner. Angi også Fermienergien og den totale energien til systemet gitt at den er i sin grunntilstand og inneholde tre ikke-vekselvirkende fermioner uten å ta hensyn til deres spinn.