



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

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

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

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

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

- Finn intensiteten som funksjon av vinkelen $I(\theta)$ for en detektor som ligger på en sirkel med radius $r = 200m$ rundt høyttalerne.
- Angi også lydstyrken, i desibel, ved detektoren for $\theta = 0$ og $\theta = 0.397$ radianer ($\theta = 0^\circ$ og $\theta = 22.75^\circ$ 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

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (2)$$

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

$$y_n(x, t) = A_n \sin(k_n x) \cos(\omega t), \quad (3)$$

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

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

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

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

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 Schrödinger ligningen for problemet og vis ved å løse Schrödinger ligningen med separasjon av variabler at de fire første egentilstander er gitt ved:

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

$$E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m} \quad (7)$$

$$k_n = \frac{n\pi}{L} \quad (8)$$

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.