NTNU **Institutt for fysikk**

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Arne Brataas
Telefon: 73593647

Eksamen i TFY4170 Fysikk 2 Fysikk 2

Lørdag 8. august 2005
09:00–12:00

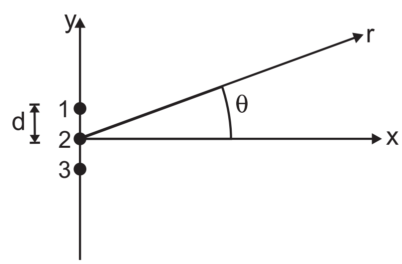
Tillatte hjelpemidler: Alternativ C
Godkjent lommekalkulator.
K. Rottman: *Matematisk formelsamling*
Barnett and Cronin: *Mathematical formulae*
Øgrim og Lian: *Størrelser og enheter i fysikk og teknikk*
Sist i dette oppgavesettet er det gitt noen relasjoner som muligens kan være til nytte under eksamen. Kandidaten må selv tolke disse.

Merk: Hver del-oppgave teller like mye.

Dette oppgavesettet er på 3 sider.

Oppgave 1. Bølgefysikk

Tre høytalere (1, 2 og 3) står langs en rett linje (y-retningen) på en åpen plass med en lik innbyrdes avstand d =1.0m mellom dem. De sender alle ut lydbølger som fordeler seg likt i alle retninger. Hver enkelt høytaler sender imidlertid ut en forskjellig total-effekt som er henholdsvis P_1 =(1/16)W, P_2=1W og P_3=16W. Vi kan regulere fasen til hver enkelt lydkilde (høytaler) og disse er ϕ_1, ϕ_2, og ϕ_3. Frekvensen er f = 440Hz og lydhastigheten i luften er v = 340m/s.



a) Hvor stor intensitet vil en observere i en avstand r = 100m når bare høytaler nummer 2 er slått på ?

Angi også lydstyrken (i desibel) i forhold til nedre hørselsgrense som er $I_0 = 10^{-12}\text{Wm}^{-2}$.

b) I denne og den etterfølgende deloppgaven c) antar vi at alle høytalerne er slått på.

Utled hvordan intensiteten $I(\theta)$ vil variere med vinkelen θ (vinkelen mellom normalen til linjen som forbinder høytalerne og observasjonsretningen) når en detektor blir flyttet på en sirkel med radius $r = 100$m rundt høytalerne.

Finn resultatet når fasene til hver høytaler er henholdsvis $\phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \pi/2$. Hvor mange maksima og minima blir det, og hva er retningene til disse ?

c) Vi plasserer en detektor i punktet $r = 100$m og $\theta = 0$. Bestem fasene ϕ_1, ϕ_2 og ϕ_3 slik at intensiteten i dette punktet blir størst mulig.

Oppgave 2. Kvantemekanikk

Klassisk energi for en partikkel med masse m i et en-dimensjonalt harmonisk potensial kan skrives som

$$H(p, x) = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2}kx^2, \tag{1}$$

der p er impulsen, x er posisjonen og k er kraftkonstanten.

a) Vis *kort* hvordan vi ut ifra dette kan finne at den tidsavhengige Schrödinger-ligningen for denne partikkelen blir

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{2}kx^2\right]\psi(x,t) = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi(x,t)\,. \tag{2}$$

b) En partikkel befinner seg i en tilstand beskrevet av bølgefunksjonen

$$\psi(x,t) = \left(\frac{mk}{\pi^2\hbar^2}\right)^{1/8} \exp(-\frac{1}{2\hbar}\sqrt{mk}x^2)\exp(-if(t))\,, \tag{3}$$

der $f(t)$ er en ukjent reell tidsavhengig funksjon. Bestem funksjonen $f(t)$ og vis at egen-energien for denne tilstanden er $E = \hbar\omega/2$, der $\omega = \sqrt{k/m}$.

c) Finn forventningsverdien til impulsen $\langle p\rangle$ og standardavvikket til impulsen $\Delta p = \sqrt{\langle(p - \langle p\rangle)^2\rangle}$.

Beregn produktet av uskarpheten i posisjon og uskarpheten i impuls, $(\Delta x)(\Delta p)$, og kommenter om dette er i overenstemmelse med Heisenbergs usikkerhetsrelasjon.

Oppgitt:

Noen integraler som kan være nyttige:

$$\int_0^\infty x^n e^{-x} dx = n! \text{ (n er et heltall)} \tag{4}$$

$$\int_0^\infty \frac{xe^{-x}}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^2}{6} - 1 \tag{5}$$

$$\int_0^\infty \frac{x^3 e^{-x}}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15} \tag{6}$$

$$\int_0^\infty \frac{1}{1 + e^x} dx = \ln 2 \tag{7}$$

$$\int_0^\infty \frac{e^{-x}}{\sqrt{x}} dx = \sqrt{\pi} \tag{8}$$

$$\int_0^\infty e^{-x^2} dx = \frac{1}{2}\sqrt{\pi} \tag{9}$$

$$\int_0^\infty x e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \tag{10}$$

$$\int_0^\infty x^2 e^{-x^2} dx = \frac{1}{4}\sqrt{\pi} \tag{11}$$

$$\int_0^\infty x^3 e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \tag{12}$$

$$\int_0^\infty x^4 e^{-x^2} dx = \frac{3}{8}\sqrt{\pi} \tag{13}$$

$$\int_0^\infty x^5 e^{-x^2} dx = 1 \tag{14}$$

$$\int_0^\infty x^6 e^{-x^2} dx = \frac{15}{16}\sqrt{\pi} \tag{15}$$

$$\int_0^\infty x^7 e^{-x^2} dx = 3 \tag{16}$$

$$\int_0^\infty x \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx = \frac{a^2}{4} \tag{17}$$