

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*

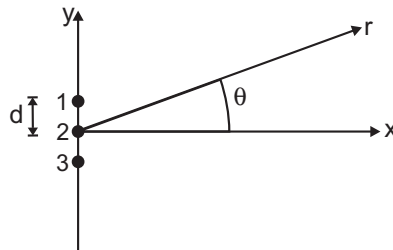
Sist i dette oppgavesettet er det gitt noen relasjoner som muligens kan være til nytte under eksamen. Kandidaten må selv tolke disse.

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 $d = 1.0\text{m}$ 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 $P_1 = (1/16)\text{W}$, $P_2 = 1\text{W}$ og $P_3 = 16\text{W}$. Vi kan regulere fasen til hver enkelt lydkilde (høytaler) og disse er ϕ_1 , ϕ_2 , og ϕ_3 . Frekvensen er $f = 440\text{Hz}$ og lydhastigheten i luften er $v = 340\text{m/s}$.



- a) Hvor stor intensitet vil en observere i en avstand $r = 100\text{m}$ 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 $r = 100\text{m}$ 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 $r = 100\text{m}$ 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

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

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

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

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

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

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 standardavviket 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 overensstemmelse med Heisenbergs usikkerhetsrelasjon.

Oppgitt:**Noen integraler som kan være nyttige:**

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

$$\int_0^\infty \frac{x e^{-x}}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^2}{6} - 1 \quad (5)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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