

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Arne Brataas
Telefon: 93647

Eksamen i TFY4170 Fysikk 2 Fysikk 2

Torsdag 2. desember 2004
09:00–12:00 (tre timer)

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.

Dette oppgavesettet er på 2 sider.

Oppgave 1. Kvantemekanikk

Et elektron med masse m befinner seg i en n -dimensjonal boks i området $0 \leq x \leq a$ som er beskrevet ved potensialet

$$V(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq a, \\ \infty & \text{ellers.} \end{cases}$$

Den tidsavhengige Schrödingerligningen som bestemmer materiebølgen til elektronet er gitt ved

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

Løsningen av denne bølgeligningen gir at den laveste energi-egentilstanden er gitt ved

$$\psi_0(x, t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp(-iE_0 t/\hbar) & 0 \leq x \leq a, \\ 0 & \text{ellers.} \end{cases} \quad (2)$$

og den neste laveste energi-egentilstanden er gitt ved

$$\psi_1(x, t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \exp(-iE_1 t/\hbar) & 0 \leq x \leq a, \\ 0 & \text{ellers.} \end{cases}$$

- a) Bestem egen-energiene E_0 og E_1 . Et elektron befinner seg i en tilstand som er beskrevet ved

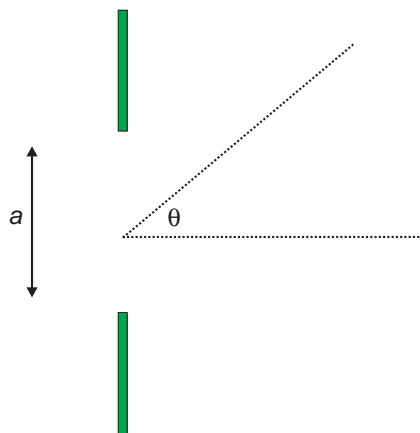
$$\psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_0(x, t) + \psi_1(x, t)].$$

Hva er forventningsverdien til posisjonen til elektronet? Hva er forventningsverdien til energien til elektronet? Kommenter resultatet.

- b) Bestem usikkerheten til energien til partikkelen. Befinner elektronet seg i en stasjonær tilstand eller ikke?

Oppgave 2. Bølgefysikk

- a) Anta at en en-dimensjonal bølge beveger seg i et medium slik at det ved $x = 0$ og $x = L$ ikke kan være noe bølgeutslag. Utled avstanden mellom nodene Δx til enkle harmoniske bølger med egenfrekvens ω . Det er antatt av bølgene er dispersjonsløse slik at forholdet mellom egenfrekvens og bølgetall er en frekvensuavhengig bølgehastighet $v = \omega/k$.
- b) En planbølge med bølgelengde λ kommer fra venstre rett inn mot en åpning med høyde a som vist på figuren nedenfor.



Vis at intensitets-avhengigheten til bølgen som kommer ut fra åpningen til høyre i en retning θ er gitt ved

$$\frac{I(\theta)}{I(\theta=0)} = \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2},$$

der

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta.$$

Oppgave 3. Materialfysikk

- a) Gi en *kort* og *presis* definisjon av i) normale metaller, ii) halvledere, iii) ferromagneter, iv) superledere og v) isolatorer.
- b) Frie elektroner i et metall blir beskrevet som elektroner i en tre-dimensjonal boks med lengde L og elektron-tetthet n_e . Hva menes med tilstands-tettheten i et fast stoff? Tilstands-tettheten for frie elektroner i en tre-dimensjonal boks med lengde L er

$$g(E) = \frac{\pi E^{1/2}}{2E_0^{3/2}}, \quad (3)$$

der

$$E_0 = \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\pi^2}{L^2}. \quad (4)$$

Hva menes med Fermi-energien til systemet? Uttrykk Fermi-energien ved elektronets masse m og elektrontetthet n_e .