

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

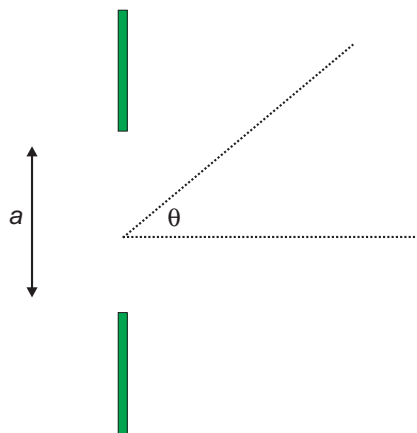
$$\psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_0(x, t) + \psi_1(x, t)].$$

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 én-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  $\Delta x$  til enkle harmoniske bølger med egenfrekvens  $\omega$ . 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  $\lambda$  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  $\theta$  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

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

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