

Deltentamen i Fysik för Ingenjörer 1 del B (I1): Vågrörelselära och modern fysik

Tid och plats: Tisdagen den 9/3 2004 kl 8.45-12.45 i V-huset

Examinator: Elsebeth Schröder tel 031-7728424

Hjälpmedel: Typgodkänd miniräknare och kursens formelsamling (vidhäftat)

Bedömning: Uppgifterna ger tillsammans högst 60 poäng. Poäng från inlämningsuppgifter adderas till tentamenspoängen. För godkänt krävs minst 30 poäng, för betyg 4 krävs 40 poäng och för betyg 5 krävs 50 poäng. Betyget i hela kursen fås sedan genom addition av resultaten på del A (mekanik) och del B. Betygsgränserna adderas också, dock krävs godkänt på respektive del.

Lösningar: Anslås omedelbart efter tentan

Rättningsprotokoll: Anslås senast 29 mars 2004.

Rättningsgranskning: Torsdagen den 1 april 2004, kl 12-13 i rum 3020 ("Gruppbiblioteket"), 3e våningen Soliden, Fysik.

1.

a) I ett dubbelspalt experiment syns första ordningens maximum vid vinkeln 1° . Om våglängden av ljuset är 500 nm i vakuum, hur stor är då avståndet mellan spalterna? [5p]

Förflyttar man experimentet till en bassäng med en okänd vätska syns första ordningens maximum vid vinkeln 0.7° . Vad är vätskans brytningsindex? [5p]

2.

Forskare vid Cornell University i U.S.A. har producerat en gitarr på kisel på extremt liten skala: längden av gitarrens strängar är $10\mu\text{m}$ och strängarnas tjocklek är ungefär 50 nm (dvs cirka 100 atomer i diameter!). Figur 1 visar en elektronmikroskopbild av gitarren. Om vi antar att kiselsträngen har ungefär samma spänning som en vanlig makroskopisk gitarrsträng får vi att vågor på strängen utbreder sig med hastigheten $v = 466\text{ m/s}$.

a) Om vi tänker oss att vi kan använda klassisk mekanik även på den här längdskalan, bestäm då grundtonens och de första två övertonernas våglängder och linjära frekvenser om man slår an en av strängarna. [5p]

b) Antag att det maximala utslaget på strängen med de stående vågorna är 200 nm. Skriv ner en funktion som beskriver strängens rörelse när den slås an med andra övertonen. [5p]

3.

För en viss en-dimensionellt potential kan vågfunktionen av en partikel i grundtillståndet skrivas som $\psi(x) = A(9 - x^2)$ inom området $-3 \leq x \leq 3$ och $\psi(x) = 0$ utanför detta område.

a) Bestäm normeringskonstanten A . [5p]

b) Bestäm den mest sannolika positionen av partikeln. [5p]

4.

a) Beskriv minst två sätt på vilka atomer kan bindas ihop för att bilda ett material. [2p]

b) Förklara i ord innebörden av Heisenbergs osäkerhetsrelation. [2p]

c) Vad säger Huygens princip? [2p]

d) Vad menas med tidsdilation (inom relativitetsteorin)? [2p]

e) Vad händer vid ljus-diffraktion? [2p]

5.

Inom Bohrs atommodell:

- a) Vilken energi har väteatomen när elektronen är i sitt 3e exciterade tillstånd? [3p]
b) Elektronen är först i 3e exciterade tillståndet, men efter ett tag är den i grundtillståndet. Genom vilka energi-övergångar kan elektronen ha hamnat i sin grundtillstånd? (Vi antar att atomen inte påverkas utifrån) [4p]
c) Vilken frekvens har fotonen som avges vid elektronens övergång direkt från 3e exciterade till grundtillståndet? [3p]

6.

En partikel har massa m och en kinetisk energi K .

- a) För K tillräcklig låg att betraktas som icke-relativistisk, visa att partikelns de Broglie våglängd kan skrivas som [2p]

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$$

- b) I figur 2 visas sambandet mellan de Broglie våglängden λ och den kinetiska energin K för olika partiklar. Genom att ta 10-tals logaritmen på båda sidor av uttrycket ovan får vi

$$\log_{10} \lambda = \log_{10} \left(\frac{h}{\sqrt{2m}} \right) - \frac{1}{2} \log_{10} K$$

Räkna fram massan av en elektron, en neutron, och en α -partikel utifrån figurens kurvor. [3p]

- c) I figuren finns också en kurva för en foton. Räkna fram uttrycket för fotonens våglängd som funktion av fotonens kinetiska energi

$$\lambda = \frac{ch}{K} \quad (1)$$

och därmed $\log_{10} \lambda = \log_{10}(ch) - \log_{10} K$. Vilket värde för ljushastigheten får man ur grafen? [2p]

- d) För partiklar med hög kinetisk energi kan vi inte se bort från relativistiska effekter. Då blir de Broglie våglängden

$$\lambda = \frac{h}{mc} \left(\frac{K}{mc^2} \right)^{-1/2} \left(2 + \frac{K}{mc^2} \right)^{-1/2} .$$

Visa att detta uttryck för mycket höga K (där K är mycket större än vilomass energin mc^2) övergår i samma uttryck som för fotoner, ekvation (1). Diskutera hur detta syns i figur 2. [3p]

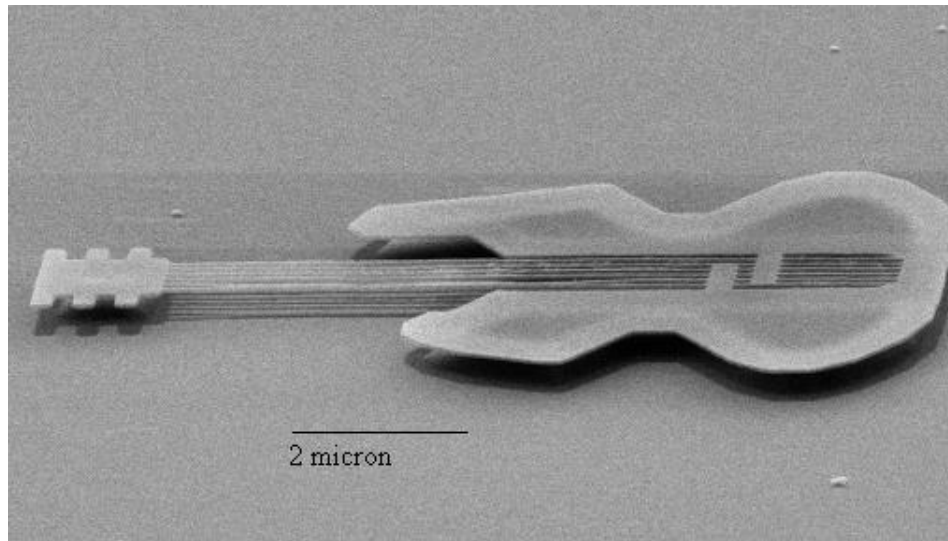


Figure 1: Elektronmikroskopbild av "nano-gitarren". Efter tentamen kan du hitta mer information om nano-gitarren och andra små strukturer på hemsidan <http://www.news.cornell.edu/science/July97/guitar.ltb.html>

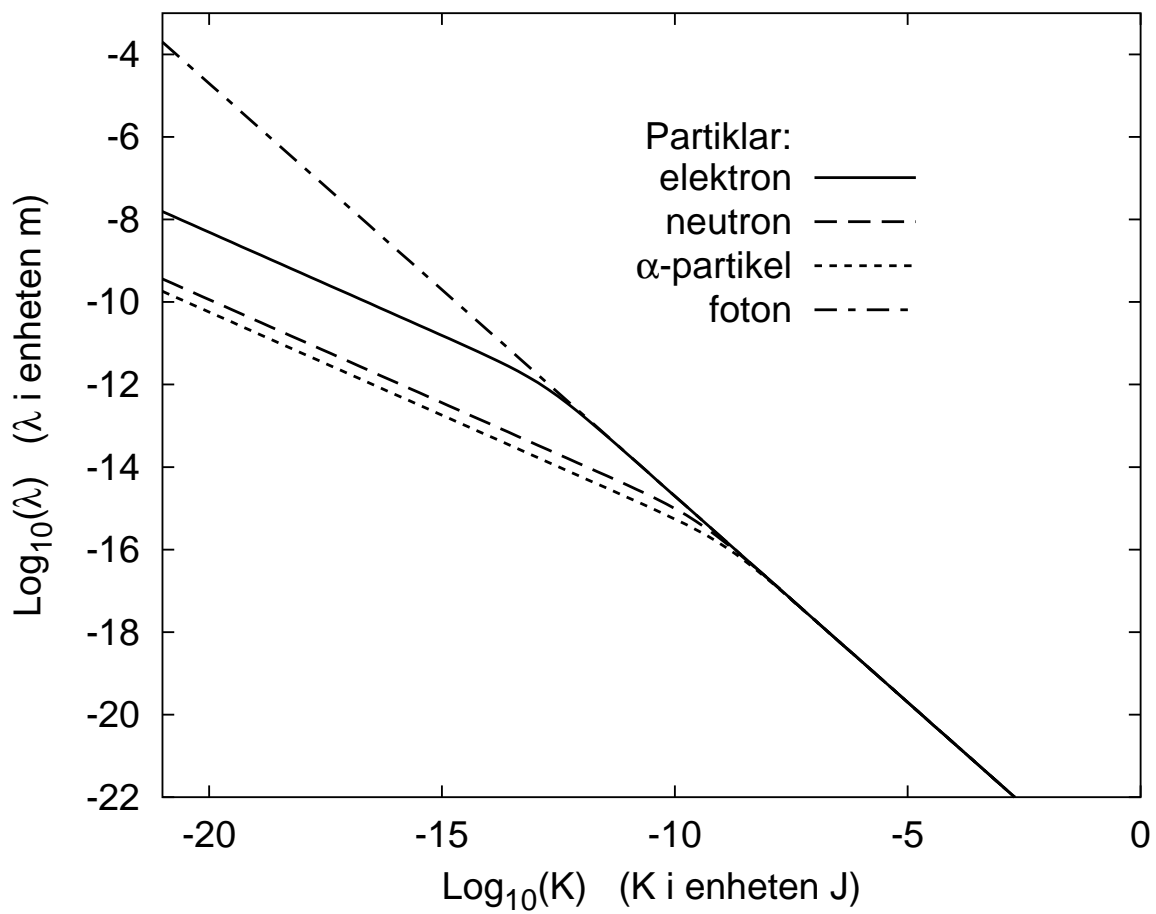


Figure 2: