

Tentamen i **FYSIK E del II** för E2

Lärare: Stig-Åke Lindgren, tel 7723346

Hjälpmedel: Valfri kalkylator och ett A4-blad med egenhändigt framställda anteckningar, Beta, Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell

Rättningsprotokollet anslås senast 2002-01-11

Granskning: 2002-01-11 kl. 12-12.30 i rum 3017, Kurshuset, Fysik.

- 
1. Nedanstående diagram visar hur diffrakterad intensitet av monoenergetiska neutroner beror av spridningsvinkeln,  $2\theta$ , för ett germaniumprov i pulverform (gitterkonstanten i Ge = 5,66 Å; tillåtna reflexer för olika kubiska strukturer : se sista sidan).

Som framgår av figuren observeras de fyra minsta spridningsvinklarna vid 30°, 49°, 58° och 72°.

a) Vid vilken spridningsvinkel kan nästa reflex i serien förväntas komma?

b) Vilken är neutronernas kinetiska energi? (Svara i eV) (4p)

2. En elektron kolliderar med en positron som befinner sig i vila i laboratoriet varvid både elektronen och positronen förintas (annihileras) och två fotoner bildas. Fotonernas respektive energier är  $3 E_0$  och  $0,6 E_0$ . (där  $E_0$  betecknar elektronens viloenergi= positronens viloenergi =  $m_0 c^2 = 0,511$  MeV)

a) Hur hög är den frigjorda energin (Q- värdet)? (Svara i MeV)

b) Vilken kinetisk energi har elektronen? (Svara i MeV)

c) Vilken hastighet skulle en observatör behöva ha relativt laboratoriet (i elektronens rörelseriktning) för att elektronens och positronens sammanlagda rörelsemängd i observatörens vilosystem skall bli noll ? (4p)

3. Den radioaktiva isotopen kobolt-60 ( ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ) har atommassan 59,933822 u. Den är  $\beta^-$ -aktiv och sönderfaller till nickel. Den maximala kinetiska energin hos  $\beta^-$ -partiklarna är 320 keV och varje  $\beta^-$ -sönderfall åtföljs av två snabba  $\gamma$ -sönderfall innan nickelisotopen hamnar i sitt grundtillstånd. Atommassan för denna nickelisotop är 59,930789 u. Den ena  $\beta^-$ -partikeln har energin 1,332 MeV. Hur hög energi har den andra  $\beta^-$ -partikeln?  
(Skriv även ner den fullständiga sönderfallsformeln) (4p)
4. Då en tänkt mycket frielektronliknande metall belyses med monokromatiskt ljus med våglängden 118 nm finns möjlighet att excitera och fotoemittera elektroner från hela ledningsbandet. Analys visar att de emitterade elektroner som har lyckats undvika inelastiska spridningsprocesser har hastigheter omedelbart utanför metallytan i intervallet  $7,90 \cdot 10^5$  m/s och  $1,50 \cdot 10^6$  m/s.
- a) Hur stor var den ursprungliga hastigheten för den elektron som efter excitation och emission har hastigheten 1,50 Mm/s? (dvs hastigheten i ögonblicket före det att den absorberade en foton)
- b) Hur stort är potentialsteget vid metallytan? (dvs hur stor är ändringen i potentiell energi för ledningselektronen när den passerar ut genom metallytan)
- c) Antag att man mha en elektronkanon beskjuter metallen med elektroner och på så vis skapar hål i en viss atomär orbital (45,0 eV under Ferminivån). När dessa hål fylls med ledningsbandselektroner emitteras fotoner. Vilken är den längsta respektive kortaste våglängden hos dessa emitterade fotoner?
- Använd frielektronmodellen. Rita en tydlig lämplig figur med lämpliga markeringar (potentialsteg, utträdesarbete, atomär nivå, etc...) (4p)
5. I en tänkt tredimensionell kristall ligger atomerna ordnade efter ett enkelt kubiskt gitter med en atom per gitterpunkt.
- a) Hur stor skulle valensen (antal elektroner per atom; behöver ej vara heltal) behöva vara för att Fermisfären skall nå ut till den mest avlägsna punkten (dvs ett hörn) i 1:a Brillouin-zonen? (antag här att den periodiska potentialen är mycket svag och att Fermisfären därför verkligen är rund)
- b) Antag nu istället att periodiska potentialen är stor och att bandgapen vid B-zongränserna är så stora att elektronenergin ute i hörnen av 1:a B-zonen är lägre än i någon k-punkt i 2:a B-zonen. Hur stor skall valensen vara för att kristallen skall rubriceras som en isolator/halvledare? Det räcker med ett svar men det skall åtföljas av en figur som kvalitativt men tydligt visar hur elektronbandet (dvs E som funktion av k) ser ut dels i riktning mot närmsta B-zongräns och dels i riktning mot ett av hörnen i zonen. Markera i figuren ett lämpligt läge av Ferminivån. (4p)  
(Ledning till uppgift 5: se nästa sida)

6. För en viss tänkt halvledare hållen vid rumstemperatur är den egenledande (intrinsiska) elektriska ledningsförmågan  $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ (}\Omega^{-1} \text{ m)}^{-1}$ . Antag att man genom dopning med fosfor vill öka ledningsförmågan med 80 %. Hur hög skall då dopämneskoncentrationen (uttryckt i antal P-atomer per  $\text{m}^{-3}$ ) vara?  
Elektron och hålmobiliteterna är  $0,14 \text{ m}^2/\text{Vs}$  respektive  $0,06 \text{ m}^2/\text{Vs}$ . (4p)

Anm. Om Du skriver full poäng på uppgift nr. 6 ovan renderar det 1 bonuspoäng på ordinarie tentan i kursen Mikroelektronik; komponenter i nästa läsperiod.

7. Sätt ett x i ruta 7 på omslaget om Du blivit godkänd på minst 4 inlämningsuppgifter
8. Sätt ett x i ruta 8 på omslaget och skriv din namnteckning på raden till höger om krysset om Du godkänner att ditt tentamensresultat och din CTH-kod publiceras på kursens hemsida.

Ledning till uppgift nr.5: Reciproka gittret till ett sc gitter med gitterkonstant  $= a$  är ett sc-gitter med gitterkonstant  $= 2/a$ . Det innebär att 1.a Brillouin-zonen har formen av en kub.

Figur till uppgift 1.