

Tentamen i **FYSIK 2 för E** (FFY143)

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 2007-08-30

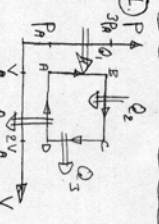
Granskning:2007-08-30 kl. 12.15-12.30 i rum 1043, Soliden, Fysik.

-
1. En viss mängd enatomig idealgas får genomlöpa en kretsprocess bestående av 4 delprocesser. En isokor uppvärmning till trefaldigt tryck följs av en isobar expansion till dubbel volym. Därefter en isokor avkylning till ursprungstryck som avslutas med en isobar kompression till ursprungsvolym.
- a) Åskådliggör kretsprocessen i ett pV- diagram och ange tydligt vid vilka delprocesser som värme tillförs respektive bortförs gasen. Teckna dessutom ett uttryck för verkningsgraden i termer av dessa tillförda/bortförda värmemängder.
- b) Beräkna ett numeriskt värde på verkningsgraden. (4p)
2. För att kalibrera Debye-Scherrer diffraktometern på Fysiska Institutionen togs diffraktogram upp vid tre olika temperaturer; 300 K, 600 K och 900 K. Provet bestod av tentandium som antar bcc struktur för temperaturer under 800 K och fcc struktur över 800 K. Resultaten från de tre olika mätningarna framgår nedan (de angivna vinklarna avser Braggvinklarna, θ). Para ihop diffraktogrammen (a,b och c) med de olika temperaturerna. Svaret skall motiveras med beräkningar.
- a. 13,9° 19,8° 24,6° 28,7°
b. 16,8° 19,5° 28,2° 33,6°
c. 14,2° 20,3° 25,1° 29,4° (4p)
3. En envärd frielektronliknande metall har bcc-struktur (utträdesarbete 4,25 eV) och belyses med monokromatiskt ljus. De fotoemitterade elektroner som har lyckats undvika inelastiska spridningsprocesser har hastigheter omedelbart utanför metallytan i intervallet $4,0 \cdot 10^5$ - $12 \cdot 10^5$ m/s.
Bestäm ljusväglängd och gitterkonstant för metallen ifråga. (4p)
- 4a. Uppskatta sannolikheten för att ett tillstånd vid ledningsbandets botten i ett visst halvledarmaterial är elektronockuperat om man vet att det optiska experiment avslöjar att det finns en skarp absorptionskant vid ljusväglängden 1,1 mm. (dvs om en tunn platta av halvledarmaterialet belyses med vitt ljus kommer det

kortvågiga, våglängder under $1,1 \mu\text{m}$ att absorberas kraftigt)
(2p)

- 4b. Antag att egenledande kisel dopas med fosforatomer.
Vad händer med elektrontätheten i ledningsband och valensband respektive?
Vad händer med håltätheten i ledningsband och valensband respektive?
(1p)
- 4c. Antag att vi har ett måttligt dopad kiselprov.
Vad händer med Fermivånen om dopningskoncentrationen ökar?
Vad händer med Fermivånen om temperaturen ökar? (1p)
5. Aluminium är en trivalent metall (kristallstruktur fcc och gitterkonstant a) som i många sammanhang beskrivs mycket väl av frielektronmodellen.
Visa att hela första Brillouin-zonen är fylld med elektroner. Visa detta genom att relatera storleken på Fermisfären, k_F , till k_W (i figur i tex Physics Handbook framgår att den mest avlägsna punkten från zonen centrum () i 1:a Brillouin-zonen är W (=punkten där två hexagonala och en kvadratisk yta möts) och att koordinaterna för W är: $\frac{1}{2}a(2,1,0)$. (4p)
- 6.a I bandteori ägnas Brillouin-zongränser särskilt stor uppmärksamhet. Varför är sådana k "kritiska" som ligger på en Brillouin-zongräns? (1p)
- 6.b Välj ett av nedanstående tre begrepp och förklara detta (några meningar och exemplifiera).
plasmon, hallspänning, strukturfaktorn (1p)
- 6.c Hallkoefficientens, R_H 's, temperaturberoende för en n-dopad (därav det negativa värdet på R_H) halvledare framgår av figuren nedan.
Bestäm dopämneskoncentrationen. (2p)

① P & A



- ziskan A+B: 1/2 v-vunomngden Q till Dings garen
- ziskan B+C: 2/3 B till fises garen
- ziskan C+D: 2/3 B till fises garen
- ziskan D+A: ... Q₁ bortfrens garen
- Q₂ bortfrens garen

$$\rho = \frac{S_{max}}{4 \pi \epsilon_0 R^2} = \frac{Q_1 + Q_2}{4 \pi R^2} = 1 - \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

$$\begin{cases} Q_1 = n C_1 (T_B - T_A) \\ Q_2 = n C_2 (T_C - T_B) \\ Q_3 = n C_3 (T_C - T_B) \\ Q_4 = n C_4 (T_D - T_A) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{men } \frac{P_A}{n} \cdot \frac{P_C}{n} &= \frac{P_B}{n} \cdot \frac{P_D}{n} \\ \frac{P_A}{T_A} \cdot \frac{P_C}{T_C} &= \frac{P_B}{T_B} \cdot \frac{P_D}{T_D} \\ \frac{P_A}{T_A} \cdot \frac{P_C}{T_C} &= \frac{P_B}{T_B} \cdot \frac{P_D}{T_D} \end{aligned}$$

$$\rho = 1 - \frac{n C_1 (T_C - T_B) \cdot n C_2 (T_C - T_B)}{n C_3 (T_C - T_B) \cdot n C_4 (T_D - T_B)} = 1 - \frac{2 R R 4 T_A + \frac{1}{2} R T_A}{2 R R 2 T_B + \frac{1}{2} R 2 T_B} = 1 - \frac{2 T_A}{2 T_B} = 0.19$$

② Imags: $2 \cdot \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \sin \theta = \lambda$

$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$
$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$
$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$
$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$	$\frac{Q}{b}$

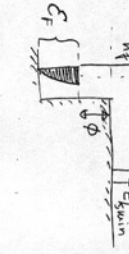
$$\frac{\sin \theta}{\lambda} = \frac{1}{d} = \frac{1}{2 a^2}$$

- Swari:
- pvu a: 600 K (bcc)
 - pvu b: 900 K (fcc)
 - pvu c: 300 K (bcc)

Swari: ... bcc; ... fcc; ... bcc; ... fcc; ... bcc; ... fcc; ... bcc; ... fcc; ...

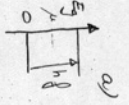
③ $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = h f - \phi$ där $\phi = 4.85 eV$
 $E_{kin} = h f - \phi = 8.35 eV - 4.85 eV = 3.5 eV$

Energibredd på fotohd: $\Delta E_{kin} = h \Delta f = \Delta \phi = 4.85 eV$



won $E = \frac{1}{2} m v^2 = 3.6 eV = \Delta E$
 $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (3 \cdot 10^8)^2 = 4.5 eV$
 $\Delta E = 4.0 eV = 5 eV$

④



a) Photon harvid $h \nu = \frac{1}{2} E_2 - E_1 = (3 \cdot 10^{-19}) - (1 \cdot 10^{-19}) = 2 \cdot 10^{-19} eV$
 Egenskapsdata omvand: $\mu = \frac{1}{2} E_2$ och $h \nu = 0.0285 eV$
 vil rucktemporatur
 skilnads för d vid $E_g = (E_2) - (E_1) = \frac{E_2}{2} + 1 \cdot 10^{-19} + 1 \cdot 10^{-19}$

b) Factor degen behövs n-dopn dvs n ökar och p ökar (m.p = konstant)

c) n-dopn gör att Fermiivan (mu) höjs. (om T = konst) temp. ökning gör att mu ökar (om dopn är konst)

⑤

fri el wadellera, valens 3 och fcc

→ d-tätheten $n = 3 \cdot 10^{23}$ valens \rightarrow 4 valens/cell

$$\text{Fermiivan rade } k_F = (3 \pi^2 n)^{1/3} = (3 \pi^2 \cdot \frac{12}{a^3})^{1/3}$$

$$\text{wan } k_{F,sw} = \frac{\pi}{2} \sqrt{2 + 10} = \frac{\pi}{2} \sqrt{12}$$

$$\frac{k_F}{k_{F,sw}} = \frac{(3 \pi^2 \cdot \frac{12}{a^3})^{1/3}}{\frac{\pi}{2} \sqrt{12}} = 1.008 > 1$$

→ stören ömsluter hela 3a B-zonen

⑥

a) Diffraaktionsvillkor uppfyllt: $k \cdot \tilde{G} = \frac{1}{2} |G|$
 → stråde vägar, band gap.

b) Se literaturerna

c) För \pm runt 10^2 dvs $T = 100 K$ är kurvan horisontell och alla douglor praktiskt taget järserade. $N = N_d$; wem $R_H = \frac{1}{ne}$

$$\% \frac{N_d}{N_A} = 10^4 \frac{cm^{-3}}{2.5 \cdot 10^{24} cm^{-3}} \Rightarrow N_d = 10^4 / (2.5 \cdot 10^{24}) = 4 \cdot 10^{-14} cm^{-3} = 6.25 \cdot 10^{-14} cm^{-3}$$