

Valitse viisi tehtävää kuudesta.

1. Selitä lyhyesti (1p/kohta)

- a) Mitä ovat bcc ja fcc?
- b) Mitä tarkoittavat symbolit  $\sigma^* 1s$  ja  $\sigma 1s$ ? Mitä eroa niillä on?
- c) Fermi-energia.
- d) Populaatioinversio laserin yhteydessä.
- e) Johtavuusvyö ja valenssivyö.
- f) Fononien maksimitaajuus ja Debye-lämpötila.

2.

- a) Oleta lähtökohdaksi yksittäisten atomien elektronien aaltofunktiot ja vastaavat diskreetit energiatilat. Miten näiden avulla voidaan selittää säännöllisessä kidehilassa olevien atomien elektronien tilat, jotka muodostavat sekä sallittuja että kiellettyjä vöitä? Milloin aine on eriste, puolijohde tai metalli? Mistä johtuu äärellinen johtavuuselektronien johtavuuden arvo? (4p)
- b) Selitä miten seuraavat sidokset eroavat kidemäisen aineen yhteydessä. (2p)
  - kovalenttinen aine
  - ionikide
  - metallinen aine
  - molekyläärinen kiinteä aine

3. Hiilen ( $Z=6$ ) yhdisteet muodostuvat ns. hybridisaatiolla. Piirrä ja kerro millä sidoksilla metaani- ( $\text{CH}_4$ ) ja eteeni-  $\text{C}_2\text{H}_4$  molekyylit muodostuvat.

4. Hopea-atomeista koostuva suihku läpäisee 0,1 m pitkän alueen, jossa olevan magneettikentän gradientti on kohtisuorassa atomien nopeusvektoria vastaan. Atomien keskimääräinen nopeus on  $7,0 \cdot 10^2$  m/s ja kentän gradientin suuruus on  $3,0 \cdot 10^2$  T/m. Laske kuinka paljon spin ylös ja spin alas komponentit eroavat atomien tullessa ulos magneettikentästä. Huomaa, että hopea-atomien ylin elektroni on 5s, joten hopea-atomien magneettinen momentti aiheutuu yksinomaan spinistä ja  $M_{Ag} = 107,9$  amu.

5. Systeemissä on  $N$  Maxwell-Boltzmann hiukkasta joiden mahdolliset energiatilat ovat  $\epsilon$  ja  $-\epsilon$ . Olettaen, että systeemin kokonaisenergia on  $U$  osoita, että lämpötila voidaan esittää sisäenergian avulla muodossa

$$\frac{1}{T} = \frac{k}{2\epsilon} \ln \left( \frac{N - U/\epsilon}{N + U/\epsilon} \right).$$

Totea, että lämpötila on positiivinen (negatiivinen) jos sisäenergia on negatiivinen (positiivinen).

6. Valon absorptiospektristä on todettu, että eräässä tähdessä  $1/10^6$ :s osa vetyatomeista on ensimmäisellä viritetyllä tilalla ja muut atomit ovat perustilalla. Laske tähden lämpötila, kun tiedetään, että viritetyn tilan energia on 10.2 eV perustilan yläpuolella ja tilojen degeneraatioiden suhde  $g_2/g_1=4$ .

$m_e = 9,1091 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1,6725 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$\text{amu} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$\hbar = 1,0545 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 9,2732 \cdot 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
$\epsilon_0 = 8,8544 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$	$K_e = 1/4\pi\epsilon_0$	$K_m = \mu_0/4\pi$	$\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$
$\gamma = 6,670 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$	$N_A = 6,0225 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$	$k_B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$