

物性概論 2005年度期末試験

担当 平山孝人

2006年1月25日 17:00 ~ 18:20

注意：

- 問題用紙1枚，解答用紙4枚，計算用紙1枚。
- 全ての解答用紙に氏名・学生番号を記入せよ。
- 問題数4題。全ての問いに答えること。
- 問題文で定義されていない記号を用いるときは必ず定義をしてから使うこと。
- 解答には結果だけでなく，考え方の筋道も書くこと。結果だけの解答には点数を与えないことがある。
- 必要ならば以下の値を用いよ。

素電荷： $e = 1.6 \times 10^{-19}$ (C)，真空中の誘電率： $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$ (F/m)，核子の質量： $m_p = m_n = 1.7 \times 10^{-27}$ (kg)，
電子の質量： $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ (kg)，ボルツマン定数： $k_B = 1.4 \times 10^{-23}$ (J/K)，アボガドロ数： $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ ，プランク定数： $h = 6.6 \times 10^{-34}$ (J·s)，光速： $c = 3.0 \times 10^8$ (m/s)，ボーア半径： $a_0 = 5.3 \times 10^{-11}$ (m)。

- (a) 髪の毛1本に含まれる原子の数を計算せよ。計算に用いた全ての値を明記すること。[有効数字1桁]
(b) 三価の金属であるアルミニウム (Al) は，格子定数 $a = 4.05 \times 10^{-10}$ (m)，原子番号 13，質量数 27 であり，面心立方格子をとる。以下の量を計算せよ。[有効数字2桁]
 - i. 密度 (単位体積当たりの質量)
 - ii. 最隣接原子間距離
 - iii. 伝導電子密度
 - iv. フェルミエネルギー E_F (eV)
 - v. フェルミ温度 T_F
- フッ化リチウム (LiF) の固体は Li^+ と F^- がクーロン力によって結合しているイオン結晶固体である。格子定数は 4.0×10^{-10} (m) で面心立方構造をとる。以下の問いに答えよ。
 - (a) LiF 固体の凝集エネルギーを eV/atom の単位で求めよ。マードルング定数 $\alpha_M = 1.75$ とせよ。相互作用はクーロン引力のみ考えればよく，電子雲の重なりによる斥力による効果は無視して良い。[有効数字2桁]
 - (b) 仮想的に LiF が Li^{2+} と F^{2-} で結合しているとした時の結合エネルギーは上で求めた場合の何倍になるか？格子定数とマードルング定数は上記の値と変わらないとして良い。
 - (c) LiF のフッ素 (F: 原子番号 9) を同じハロゲン元素である他の元素 (塩素 Cl: 原子番号 17，臭素 Br: 原子番号 35，ヨウ素 I: 原子番号 53) に変えたイオン結晶固体である LiCl, LiBr, LiI を考える。LiF も含めたこれら4種類の固体の結合エネルギーの大小関係を定性的に論ぜよ。
- 金属のフェルミエネルギーは，伝導電子密度を N として以下のように表される。

$$E_F = \frac{h^2}{8m_e} \left(\frac{3N}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}}$$

これから，単位エネルギーあたりの状態密度： $D(E)$ を求め，エネルギーと状態密度の関係のグラフを書け。縦軸の値は任意で良い。また，絶対温度 0 度のときに電子が詰まっている領域をそのグラフ中に示せ。

- 以下の問いに答えよ。
 - (a) 金属の「自由電子モデル」とはどのようなモデルか説明せよ。
 - (b) フォノンとは何か。
 - (c) 「局在化エネルギー」とは何か。