

物性概論 2010年度期末試験

担当 平山孝人

2010年7月26日 13:20 ~ 14:40

注意:

- 問題用紙1枚, 解答用紙3枚, 計算用紙1枚。問題数は4題+ α 。
- 全ての解答用紙に氏名・学生番号を記入せよ。
- **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).

1. 以下の問いに答えよ。

- (a) 富士山の重さと, 富士山を構成している原子の数を求めよ。[有効数字1桁]
- (b) 金属に数10keV程度以上のエネルギーの電子ビームを衝突させるとX線が発生する(電子衝撃型X線源)。このX線源から発生するX線スペクトル(横軸: X線のエネルギー or 波長, 縦軸: 強度)の概略を図示し, その構造について説明せよ。

2. 自由電子モデルを用いて金属中の電子のエネルギーを考えよう。伝導電子密度を N とする。

- (a) 一辺 L の立方体の金属結晶を考える。そこに束縛されている自由電子のエネルギー準位は量子数を n として

$$E_n = \frac{h^2}{2mL^2} n^2$$

である。伝導電子をそれぞれの状態に下から順番に詰めていった時, 最後の電子が入る量子数 n_F を求めよ。

- (b) フェルミエネルギー ϵ_F を伝導電子密度 N を用いて表せ。
- (c) Calculate Fermi energy ϵ_F in eV, Fermi temperature T_F , nearest neighbor distance R for Copper (Cu) crystal. Use the following information for Copper if necessary; lattice constant $a = 0.407$ nm, crystal structure FCC, number of electrons per unit cell $Z = 1$. [nearest neighbor distance: 最隣接原子間距離]
[有効数字2桁]

3. 2原子間のファンデルワールス相互作用は, r を原子核間距離として以下のレナード・ジョーンズ型ポテンシャルで表される。

$$u(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$

以下の問いに答えよ。

- (a) 上の式が表すポテンシャル曲線を書け(横軸 r , 縦軸 $u(r)$)。このとき σ , ϵ の位置, および引力項と斥力項の寄与が明らかになるように書け。
- (b) ファンデルワールス結合における引力相互作用の起源を定性的に述べよ。
- (c) He (原子番号2番) は常圧の下では絶対0度でも固体にならない。この理由を不確定性原理を用いて定性的に述べよ。

4. 以下の問いに答えよ。

- (a) 長さ l , 断面積 S の金属棒の両端に電位差 V を与えたときに流れる電流 i を電気伝導度 σ を用いて表せ。
- (b) 直径1cmの電線に1Aの電流が流れている。[伝導電子密度を 1.0×10^{28} (m^{-3}) として,] 電線の中での電子の平均速度 \bar{v} と, 電線の, ある断面を単位時間に横切る電子の数 N_e を求めよ。[有効数字2桁]

5. [オプション] この試験問題を批評せよ。有意な内容の場合には点数を加算する(何を書いても減点はしない)。レポートの問題についての記述も可。