

1. 体心立方格子を描け。また、立方晶と見なして、その(123)面を図示せよ。(原点及び座標軸を明記すること)

2. 一次元格子に角度 θ で X 線 (波長 λ) が入射し、角度 θ 方向に回折が生じる場合を考える (図 1)。○原子及び●原子の原子散乱因子を f_A 、及び f_B とする。

(a) 一次元格子の逆格子の基本並進ベクトル \mathbf{b} を答えよ。但し、一次元格子の基本並進ベクトルを \mathbf{a} (長さ a) とする。

(b) 格子による回折が生じるとき、入射波の波数ベクトル \mathbf{k} 、回折波の散乱ベクトル \mathbf{k}' 、及び \mathbf{b} の間に成り立つ関係を答えよ (式のみで可)。

(c) 図 1 に示す条件で回折が生じる場合に、 θ と λ の間に成り立つ関係式を答えよ。

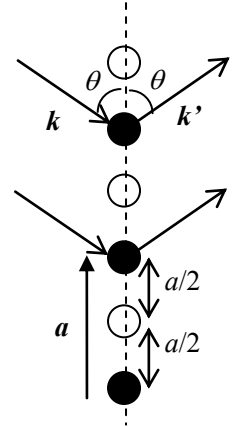


図 1

(d) (結晶) 構造因子を計算せよ。また、 $f_A = f_B$ となる場合、回折の条件により回折線の強度にはどのような変化が表れるか答えよ。

3. 希ガス結晶の凝集エネルギーを説明するために、 $U(R) = 4\epsilon\left(\left(\frac{\sigma}{R}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{R}\right)^6\right)$ の形で表されるレナードジョーンズ型のポテンシャルが良く利用される。ここで、 R は原子間距離、 ϵ, σ は正の定数である。 $U(R)$ の R に対する変化の様子を描け。また、 ϵ, σ は物理的に何を表わすパラメータか答えよ。

4. 異なる質量（但し $M_1 > M_2$ ）の2種類の原子が等しいバネ定数 C のバネで間隔 $a/2$ にて交互に繋がれた一次元鎖の振動において、その定常波の角振動数 ω は次の4次方程式 $M_1 M_2 \omega^4 - 2C(M_1 + M_2)\omega^2 + 2C^2(1 - \cos Ka) = 0$ （この式は既知として良い）を満たさなければいけない。ここで、 K は波数である。

(1) 振動波長が a に比べて極めて長いとき、 ω^2 の近似解には K^2 に比例するものと K には依存しないものが存在する。これら ω^2 の具体的な形を求めよ。

(2) $K \approx 0$ で振動しているとき、光学モード及び音響モードにおける質量 M_1, M_2 の原子の変位の様子を図示せよ。また、 $K = \pi/a$ のときについても示せ。

(3) 図2に示されるように、ある温度よりも低温では結晶固体の比熱は急速に減少して零に漸近する。“振動エネルギーの量子化”と“熱エネルギー”をキーワードとして、その理由を定性的に述べよ。また、比熱が減少し始める目安の温度は何と呼ばれているか答えよ。

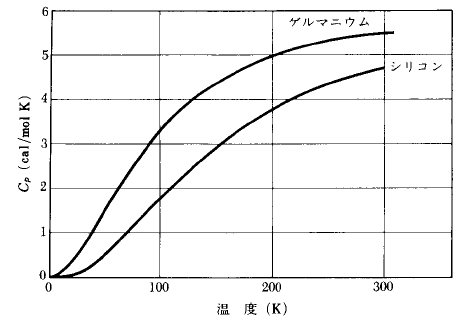


図 2

(4) 低温で結晶固体の比熱が減少することを説明するモデルとして、デバイモデルとアインシュタインモデルが知られている。両者では振動状態の分布に関する考え方が大きく異なる。それぞれのモデルで振動状態（状態密度）をどのように取り扱っているか述べよ。