

提出期限: 12月24日 全学共通科目レポートボックスへ

以下の問題のうち、1, 2については、12月3日実施の小テストで解答できなかった問題に関して解きなさい。3, 4については、全員解きなさい。

1. 磁場  $B$  のもとで、磁気モーメントの  $z$  成分として  $\mu, 0, -\mu$  を取り得る粒子  $N$  個からなる系を考える。カノニカル分布の考えを用いてこの系の分配関数を求め、自由エネルギー、エントロピー、比熱および磁化を求めよ。
2.  $N$  個の古典一次元調和振動子からなる系について、位相空間での積分により分配関数、自由エネルギー、エントロピーを求めよ。なお、この系のハミルトニアンは

$$H = \sum_{i=1}^N \left( \frac{p_i^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{2} q_i^2 \right) \quad (1)$$

と書ける。

3. 図1のように、 $-e$  の電荷を持つイオン  $N$  個が  $xy$  平面内で格子定数  $b$  の正方格子を作っている。イオンと同数の  $+e$  の電荷を持つ粒子が図の白丸で示す各イオンの中心から  $a = |a|$  だけ離れた4つの位置のうちいずれか一つをそれぞれ占有するものとする。イオンを基準にして正電荷を結ぶベクトルを  $a$  としたとき、ひとつのイオン-正電荷対の電気双極子モーメントは  $ea$ 、電場  $E$  を加えたときのエネルギーは  $-ea \cdot E$  である。異なるイオンに属する粒子間の相互作用は十分に小さいものとして、以下の問いに答えよ。
  - (a)  $x$  方向に電場を加えたときの分配関数を求めよ。
  - (b) このとき、系の電気双極子モーメント  $P$  を温度の関数として求めよ。
  - (c)  $xy$  平面内の任意の方向に電場をかけたときの感受率  $(\partial P / \partial E)_{E=0}$  を求めよ。
4. 磁気モーメント  $\mu_0$  を持つ結晶の各原子が上向き (+) または下向き (-) のいずれかを取るもの (Ising 模型) とする。結晶の隣接する原子間には相互作用  $J$  が働き、それらの向きが平行および反平行である場合、それぞれ  $-J, J$  のエネルギーを持つ。原子が1次元に並んだ結晶 (1次元結晶) において、強磁性的な相互作用 ( $J > 0$ ) を考えたとき、磁化と比熱を計算せよ。

以上

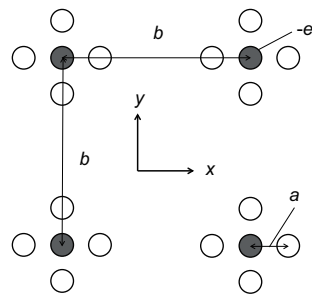


図 1: 負イオン格子と正電荷