

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。

### 数学公式

スターリングの式  $\log N! \simeq N(\log N - 1)$

ガウス積分  $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ax^2} dx = \sqrt{\pi/a}$

1 粒子分配関数  $z = \sum_i^n e^{-E_i/k_B T}$

ヘルムホルツの自由エネルギー  $F = -k_B T \log Z$

以上