

質量 m の単原子分子が N 個集まった理想気体が、一様な重力場の中の
 $0 \leq x \leq L, 0 \leq y \leq L, 0 \leq z \leq H$ の箱の中に閉じ込められている。それぞれの単原子分子には外力ポテンシャル $v(z) = mgz$ がかかっており、この系は温度 T の熱平衡状態にある。次の問いに答えよ。 $(k_B T = 1/\beta$ とする。)

1. 粒子一個の分配関数 Z_1 を求めよ。
2. 粒子 N 個の分配関数 Z を求めよ。
3. この系の高温極限 $k_B T \gg mgH$ のときの Helmholtz の自由エネルギー F を T の一次の項まで求めよ。
4. この系の高温極限 $k_B T \gg mgH$ のときの状態方程式を求めよ。(圧力 P を求める。)
5. この系のエネルギーの平均値 E を求めよ。
6. 高温極限 $k_B T \gg mgH$ におけるエネルギーの平均値 E を T の一次の項まで求め、そのときの熱容量 C を求めよ。
7. 低温極限 $k_B T \ll mgH$ におけるエネルギーの平均値 E とそのときの熱容量 C を求めよ。
8. 高温よりも低温のときの方が熱容量は大きくなる。その理由について述べよ。