

熱物理学 試験問題

担当 伊東敏雄
2003 年 2 月 12 日 6 時限

【注意】教科書，ノート参照可。

解答の導出過程を要領よく，簡潔に記すこと。なお，すべての式には説明文をつけること。

数値計算の結果には単位を必ず付けること。有効数字は2桁程度でよい。

気体定数等の値は教科書またはノートを参照せよ。

物理法則に反するような重大な間違いは減点する。

1. 温度 T_2 の高温熱源と温度 T_1 ($T_1 < T_2$) の低温熱源の間で動作する冷却機が1サイクルの間に外から仕事 W を受けて，低温熱源から熱量 Q_1 を取り出し，高温熱源へ熱量 Q_2 を放出する。冷却機は1サイクルを終えてはじめの状態に戻る。

(a) 熱力学第1法則を式で表せ。

(b) 熱力学第2法則を式(不等式)で表せ。

(c) 上の2つの式から Q_2 を消去して，冷却機の効率(エネルギー消費効率) $\mu = Q_1/W$ の値が取りうる範囲を T_1, T_2 を使って表せ。

2. 右の表は 420 K と 280 K の熱源の間で動作する熱機関が1サイクルの間に高温熱源から受け取る熱量 Q_2 ，低温熱源へ排出する熱量 Q_1 ，熱機関がする仕事 W である(単位 J)。熱力学第2法則に反するサイクルはあるか(あるとすればどれか)。それ以外のサイクルについて可逆サイクルであるか，不可逆サイクルであるか答えよ。いずれも理由を述べて答えること。

No.	Q_2	Q_1	W
1	500	300	200
2	450	300	150
3	400	300	100
4	350	300	50

3. 大気圧，室温付近では空気は理想気体の状態方程式に従うと考えて以下に答えよ。

(a) 1 atm, 300 K における空気 1 l のモル数を求めよ。

(b) 前問の空気が一定温度(300 K)のもとに体積が2倍になった。エントロピーの増加を求めよ。

(c) 空気の体積が2倍になったことによって微視的状態の数は何倍になったか。

4. 理想気体の単位体積当たりの分子数について以下に答えよ。

(a) 単位体積当たりの分子数 N_v は p/T に比例し， $N_v = (\text{比例定数}) \times \frac{p}{T}$ と表される。比例定数を(式)求めよ。

(b) 実験室で実現可能な真空は 10^{-10} Pa 程度である。この超高真空において，単位体積当たりの分子数はどれほどか(数値計算せよ)。

5. ネオン(Ne)の原子量は20である。

(a) ネオンの気体の定積比熱を J/g·K の単位で求めよ。

(b) 温度 300 K におけるネオン原子の2乗平均速度 v_{rms} を計算せよ。

(c) 本学のレーザー極限技術研究センターではレーザー光を使ってネオン原子を 1 mK (1×10^{-3} K) 以下まで冷却した。温度 1 mK のネオン原子の2乗平均速度 v_{rms} を計算せよ。

6. 水分子(3原子分子)は全部で9($= 3 \times 3$)の運動の自由度をもつ。3つは並進運動(重心運動)，3つは回転運動，3つは振動運動である。

(a) 100°C 付近において水蒸気の比熱比が約 4/3 であるわけを説明せよ。

(b) 十分の高温における比熱比の値はどれほどか。

地上の実験室で丈夫なビンにピンポン玉と水を入れ，空気が入らないようにしっかり蓋をしめて無重力空間に持っていった。ピンポン玉にかかる圧力はどれほどか。