2004年度応用物理（熱力学）学年末試験問題　2005. 2. 23

1 (a) $\gamma=1.4$の理想気体がある。この気体の断熱過程で　$PV^{1.4}=$一定　が成り立つとき，PとTの関係，およびTとVの関係を求めよ。

(b) 気圧1.00×10^5Pa，体積1.00×10^{-2}m^3，温度20℃の空気($\gamma=1.40$)をピストンに入れて断熱的に圧縮したら，温度が400℃になった。ピストン内の圧力と体積はそれぞれいくらか。空気は理想気体であると仮定する。有効数字は３桁で示せ。

2 下のデータを用いて，以下のケースについてエントロピー変化を計算せよ。

(a) 0℃1.0kgの水をゆっくり（準静的に）加熱して100℃にした。この水のエントロピー変化を計算せよ。

(b) 0℃1.0kgの水を凍らせて0℃の氷にした。この水のエントロピー変化を計算せよ。

(c) 0℃1.0kgの水と100℃1.0kgのお湯を混合させた。全系のエントロピー変化を計算せよ。

水の熱力学的諸量

比熱（$J/kg\cdot K$）	0℃における融解熱（J/kg）	100℃における気化熱（J/kg)）
4.2×10^3	3.3×10^5	2.3×10^6

比熱は温度によって多少値が変わるが，それは考えないでよい。

3 温度300Kにおける窒素分子(N_2)の定圧モル比熱$(m/n)c_p$（$=C_p$）は約29.1J/(mol·K)である。大気圧1×10^5Paのもとで300K，1.00molの窒素ガスが100Jの熱を吸収した。次の量を計算せよ。なお，窒素は理想気体と考えてよい。気体定数は，$R=8.31$J/(mol·K)である。

(a) 気体は一定圧力（大気圧）のもとで膨張し，温度が上昇した。熱の吸収にともなう体積の増加ΔVと温度の上昇ΔTを求めよ。

(b) 吸収した熱のうち，内部エネルギーの増加に使われたのは何Jか。

(c) 300Kにおける窒素分子の運動の自由度fはいくつか。またこの自由度は，２原子分子N_2のどのような種類の分子運動に相当するか。

(d) この過程でのエントロピー変化を計算せよ。

4 あるエアコンを冷房運転させたところ，600Wの電力を消費して，室内から毎秒2400Jの熱を外部にくみ出すことができた。このエアコンについて以下の問に答えよ。

(a) COP，および室外への放熱（単位ワット）を求めよ。

(b) 外気温が30℃のとき，室内を25℃に維持するのに上記の消費電力の25%の電力消費で済んだとする。COPが一定であると仮定し，この部屋の熱伝達率（単位時間当たりに外部から入ってきた熱：単位ワット）を推定せよ。

(c) このエアコンを(b)の条件で運転させたときの理論的なCOPの最大値を求めよ。カルノー·サイクルを逆運転させた場合を考えれば良い。

$\boxed{5}$ マクスウェルによれば，温度Tの気体分子が速度vと$v+dv$の間にある確率は

$$p(v)dv = Cv^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)dv$$

で与えられる。Cは定数，mは気体分子の質量である。

(a) $\int_0^\infty p(v)dv = 1$となるように定数Cを決定せよ。

(b)気体分子の運動量の絶対値$|mv|$の平均を計算せよ。

積分公式：

$$\int_0^\infty e^{-ax^2}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}a^{-1} \quad , \int_0^\infty xe^{-ax^2}dx = \frac{1}{2}a^{-1} \quad , \int_0^\infty x^2 e^{-ax^2}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{4}a^{-\frac{3}{2}}$$

$$\int_0^\infty x^3 e^{-ax^2}dx = \frac{1}{2}a^{-2} \quad , \int_0^\infty x^4 e^{-ax^2}dx = \frac{3\sqrt{\pi}}{8}a^{-\frac{5}{2}}$$

注意

１：解答用紙は縦長に使い，両面に解答してよい。ただし，<u>両面とも最上段に</u>番号と氏名を書き込むこと。

２：各小問すべて配点は１０点である。<u>合計１００点になるように選んで解答せよ</u>。小問単位で選択してよい。

３：問題番号と小問番号を記入して解答すること。正しく番号が記入されていない解答は無効とする。

４：計算と答えは別である。計算結果を出したら，改めて答を書き直すこと。（単位を忘れずに！）

（例） $x = a + b = (1.20\ \mathrm{J}) + (2.27\ \mathrm{J}) = 3.47\ \mathrm{J}$ 　　　　　<u>A．3.47 J</u>