

[第7回目] 熱力学の第1法則

考える内容 物質に与えた熱や仕事はどのように蓄えられているのか？

授業の目標

熱力学の第1法則 = 熱を含めたエネルギー保存則

物体に熱量 Q [J] と仕事 W [J] を加えると、内部エネルギーが ΔU [J] 増加する。

$$\Delta U = Q + W$$

$$\text{変化が微小なとき } dU = dQ + dW$$

(注意) 物体や気体を中心に考える。仕事も熱も加える方がプラス

気体にする仕事

$$dW = -pdV$$

を使うと、

$$dU = dQ - pdV$$

学習到達目標 (3) 熱力学の第1法則の式が書け、エネルギー保存則との関係がわかる。

内部エネルギー U = (分子の運動エネルギー) + (分子間力の位置エネルギー)

理想気体の場合(「分子間力」を無視できる)

$$U_{\text{理想}} = Nf \frac{1}{2} kT = \frac{f}{2} nRT$$

自由度 f

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{単原子分子: } f=3 \\ \text{2原子分子: } f=5 \\ \text{3原子分子: } f=6 \end{array} \right.$$

次回予定 [第8回目] 定積, 定圧, 等温, 断熱変化 (教科書 42 ページまで)

レポート問題 第7回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

- A... 問1 熱の仕事当量 J [J/cal] の定義式とその値を書け。[式 (3.21) と (3.22)]
- B... 800 W のオーブントースターで 1 分加熱すると、発熱量は $Q = 800$ [W] \times 60 [s] = 4.8×10^4 [J] になる。この熱量 Q を全部使ったとすれば、20.0 の水 500 g を何にまで上昇させることができるか。水の比熱を $c = 4.2$ [J/g \cdot K] とする。
- C... 教科書の問 3.12 の を答えよ。
- A... 問2 T [K], n [mol] の理想気体の内部エネルギーを式で書け。[教科書の式 (3.27)]
- B... $T = 300$ K (27) の酸素気体 $n = 1$ mol (32 g) に蓄えられている内部エネルギー U [J] を求めよ。[酸素を 2 原子分子理想気体とし、自由度 $f = 5$ を使う]
- 問3 ピストン付きの容器に入っている気体について考える。
- A... 熱力学の第1法則の式を書きなさい。[教科書の式 (3.28)]
- B... 気体を加熱し $Q = 100$ J の熱を与えたとき、気体が膨張してピストンに 50 J の仕事をした。(仕事 W はピストンが気体にする仕事なので、 $W = -50$ J である。) 気体の内部エネルギーの増加 ΔU [J] を数値で求めよ。[熱力学の第1法則を用いる]
- 問4 ピストン付きの容器に気体が入っている。気体は理想気体とする。
- A... ピストンの断面積を S [m²] とする。気体の圧力が p [Pa] で、体積が一定に保たれているとき、ピストンを押している力 F [N] を p と S で表せ。
- B... ピストンを dx [m] だけ引き、圧力 p [Pa] の気体を $dV = S \cdot dx$ [m³] だけ膨張させた。このときピストンがする微小仕事 $dW = -F \cdot dx$ [J] から教科書の式 (3.32) を導け。
- B... 容器に圧力 $p = 1.0 \times 10^5$ [Pa] (= 1 atm), 体積 $V_1 = 1.000$ [m³] の気体が入っている。圧力を一定に保ちながら、この気体をピストンでゆっくりと圧縮し、体積 $V_2 = 0.990$ [m³] まで減少させた。ピストンが気体にした仕事 dW [J] を数値で求めよ。
- C... 容器の気体の温度 T を一定に保ちながら、ピストンでゆっくりと圧縮し、 $dW = 1.0 \times 10^2$ [J] の仕事を与えた。このときの内部エネルギーの変化 dU と熱 dQ を数値で求めよ。
- C... ピストンが動かないように固定し、気体の温度を $dT = 0.10$ [K] 上昇させた。気体の質量を $m = 32$ g, 比熱を $c = 0.65$ [J/g \cdot K] とし、仕事 dW , 熱 dQ , 内部エネルギーの変化 dU を求めよ。

