

## [ 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?
- ・ 熱を含めたエネルギー保存則はどうか?

授業の目標

内部エネルギー  $U = (\text{分子の熱運動による運動エネルギー}) + (\text{分子間力の位置エネルギー})$ 

理想気体の内部エネルギー

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

理想気体では「分子間力」を無視する

$$\text{単原子分子} (f=3) \text{ は } U = \frac{3}{2} nRT$$

$$\text{2原子分子} (f=5) \text{ は } U = \frac{5}{2} nRT$$

$$\text{3原子分子} (f=6) \text{ は } U = 3nRT$$

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] を与え, 仕事  $W$  [J] を加えると, 内部エネルギーが  $\Delta U$  [J] 増加する。

$$\Delta U = Q + W$$

変化が微小なとき

$$dU = dQ + dW$$

気体にする仕事

$$dW = -pdV$$

を使うと,

(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

$$dU = dQ - pdV$$

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。

次回予定 [ 第8回目 ] 断熱変化の式 (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)

問1

熱の仕事当量  $J$  [J/cal] の定義式とその値を書きなさい。[ 式 (3.21) と (3.22) ]800 W のオーブントースターで 15 分加熱すると, ヒーターからの発熱は  $Q = 800 \text{ W} \times (15 \times 60) \text{ s} = 7.2 \times 10^5 \text{ J}$  である。この熱量  $Q$  を cal 単位で表しなさい。体積  $V = 1.5 \text{ l}$  の 20 の水を, 100 にまで沸かすために必要な熱量  $Q$  を J 単位で求めなさい。20 から 100 の温度範囲で, 水の比熱  $c$  を  $c = 1 \text{ cal/g} \cdot \text{K}$ , 水の密度  $\rho$  を  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  とする。

問2

 $T = 300 \text{ K}$  (27 ) における, 酸素気体  $n = 1 \text{ mol}$  (32 g) の内部エネルギー  $U$  [J] を求めよ。[ 酸素を 2 原子分子理想気体 (自由度  $f=5$ ) とし, 教科書の式 (3.27) を用いる ]

熱力学の第1法則の式を書きなさい。[ 教科書の式 (3.28) ]

ピストン付きの容器に気体が入っている。この気体を加熱し  $Q = 100 \text{ J}$  の熱量を与えたとき, 気体が膨張してピストンに  $50 \text{ J}$  の仕事をした。(仕事  $W$  の定義はピストンが気体にする仕事なので,  $W = -50 \text{ J}$  である。) 気体の内部エネルギーの増加  $\Delta U$  [J] を求めなさい。[ 熱力学の第1法則を用いる ]圧力  $p$  [Pa] の気体を  $dV$  [ $\text{m}^3$ ] だけ圧縮するときの, 微小仕事  $dW$  [J] の式を書け。[ 教科書の式 (3.32) を見よ。はこの式を用いる。 ]ピストン付きの容器に圧力  $p = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (= 1 atm)、体積  $V_1 = 1 \text{ m}^3$  の気体が入っている。この気体をピストンでゆっくりと圧縮し、体積  $V_2 = 0.99 \text{ m}^3$  まで減少させた。体積変化は  $dV = V_2 - V_1$  [ $\text{m}^3$ ] で求められる。ピストンが気体にした仕事  $dW$  [J] を計算しなさい。

解答用紙 ( 曜 限) 学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

問1

力学的な仕事  $W$  [J] が, 熱  $Q$  [cal] に変わるとき

$$J = \boxed{\phantom{000000}} = \phantom{000000} \text{ [J/cal]}$$

$$Q =$$

$$V = 1.5 \text{ l の水の質量 } m \text{ [g] は } m = \rho \cdot V = \phantom{000000} \text{ [g]}$$

$$Q =$$

問2

$$U =$$

$$\Delta U =$$

$$dV = V_2 - V_1 = \phantom{000000} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$dW = \phantom{000000} \text{ [J]}$$