

## [ 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  $\Delta U$  [J] 増加する。

$$\boxed{\Delta U = Q + W}, \quad \text{変化が微小なとき} \quad \boxed{dU = dQ + dW}$$

気体にする仕事  $\boxed{dW = -pdV}$  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

$$\boxed{dU = dQ - pdV}$$

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

単原子分子 ( $f=3$ ) は $U = \frac{3}{2} nRT$
2原子分子 ( $f=5$ ) は $U = \frac{5}{2} nRT$
3原子分子 ( $f=6$ ) は $U = 3nRT$

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下さい)

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)]

教科書の問 3.12 の を答えよ。

800 W のオーブントースターで1分加熱すると、発熱量は  $Q = 800 \text{ W} \times 60 \text{ s} = 4.8 \times 10^4 \text{ J}$  になる。この熱量  $Q$  が全部水に伝わるとすれば 20 の水 500 g を何 まで上昇させることができるか。水の比熱を  $c = 4.2 \text{ J/g} \cdot \text{K}$  とする。

問2

 $T$  [K],  $n$  [mol] の理想気体の内部エネルギーを表す式を書け。[教科書の式 (3.27)] $T = 300 \text{ K}$  (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。

熱力学の第1法則の式を書きなさい。[教科書の式 (3.28)]

気体を加熱し  $Q = 100 \text{ J}$  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、 $W = -50 \text{ J}$ ) 気体の内部エネルギーの増加  $\Delta U$  [J] を数値で求めよ。[熱力学の第1法則を用いる]

ピストンの断面積を  $S$  [m<sup>2</sup>] 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。

ピストンを  $dx$  [m] だけ引き、圧力  $p$  [Pa] の気体を  $dV = S \cdot dx$  [m<sup>3</sup>] 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。

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  $dV = V_2 - V_1$  [m<sup>3</sup>] 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

$$J = \boxed{\quad} = \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad [J/cal]$$

力学的エネルギーが熱に変わるから  $E = mgz = Q$ 。

また比熱を用いて,  $Q = \boxed{\quad}$  だから

$$\Delta T = \text{———} =$$

$$\Delta T =$$

[ ]

問 2

$$U = \boxed{\quad}$$

$$U =$$

問 3

$$\boxed{\quad}$$

$$\Delta U =$$

$$F =$$

$$dW = -F \cdot dx =$$

$$dV = V_2 - V_1 = \quad \quad \quad [m^3]$$

$$dW = \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad [J]$$

このレポートをやるのに \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分,  
 それ以外に基礎物理 の予習復習を \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分した。